ELEMENTI
DI
FISICA SPERIMENTALE
TOMO PRIMO.

ELEMENTI

DI

FISICA SPERIMENTALE

DI

GIUSEPPE SAVERIO POLI

EDIZIONE TRATTA DALLA SESTA
DI NAPOLI

Rinnovata ed accresciuta di Note dell' Autore.

TOMO I.

VENEZIA
PER ANDREA SANTINI E FIGLIO
1817

Hominis sapientia est, ut neque te omnia scire putes, quod Dei est; neque omnia nescire, quod est pecudis. Est enim aliquod medium, quod sit hominis; idest SCIENTIA CUM IGNORATIONE CONJUNCTA ET TEMPERATA.

Lactant. Div. Instit. Lib. III. Cap. VI.

PREFAZIONE.

Riflettendo talvolta meco stesso intorno alla condizion di coloro, i quali trovansi obbligati a scrivere gl'Istituti di qualunque Scienza, sono stato sempre di opinione esser quella estremamente critica, e svantaggiosa. Non v'ha cosa più facile, quanto il ritrovar di quelli, che vi appongon la taccia di esser troppo concisi, e di non contener altro, se non che un ordinato elenco di proposizioni, qualor l'autore si limita rigorosamente alle cose necessarie soltanto, con quella brevità, che un Istituto richiede; oppur che li reputano troppo lunghi e diffusi, nel caso che lo scrittore abbia avuto in mente di sviluppar le dottrine in modo, che riescano intelligibili senza molta fatica. Per la qual cosa, lun-

gi io dal lusingarmi di avere scritto in maniera questi Elementi di Fisica Sperimentale, che debba rendermi favorevole il giudizio di ognuno; dirò unicamente di aver adoperata una particolar diligenza ed attenzione per farsì, che i medesimi non riuscissero nè tanto brevi, che parer potessero troppo secchi, nè tanto estesi, che dar potessero motivo di taccia per la parte opposta. Ond'è, che non lasciando giammai di mira una certa discreta brevità, che necessariamente serbar si dee in opere di tal natura, ho fatto tutti gli sforzi possibili per isviluppar le dottrine in essi contenute fino ad un segno, che riuscir potessero di facilissima intelligenza, e convenientemente adattate alla capacità di tutti coloro, che ne dovranno far uso. E poichè la maggior parte de' medesimi non sogliono avere studiato, se non se i primi Elementi della Geometria, mi sono attenuto al partito di non far uso neppure de' segni algebraici: tanto vieppiù, perchè dovendo ciascheduno di essi, in vigore di R. ordine (*nel regno di Napoli*) dar conto esatto delle dottrine contenute in quest'opera, come un requisito nenessario per esser promossi al dottorato di medicina; mi è convenuto necessariamente di usare un linguaggio, che fosse intelligibile a

tutti. Pel qual riflesso mi sono affaticato eziandio a *ridurre le dimostrazioni alla maggiore semplicità possibile*, *tralasciando quelle*, *che di lor natura eran troppo complicate*, *ed astruse*. Le teorie (su di cui mi sono principalmente dilungato, per esser elleno in realtà la parte scientifica dell' Opera) saranno regolarmente confermate per via di esperimenti, i quali non solamente autenticano, diciam così, ed assodano le verità speculative, ma le imprimono nel tempo stesso così vivamente negli animi de' giovani allievi, che difficilmente si cancellano per forza di tempo. La vantaggiosa opportunità, che hanno qui i giovani di osservare una bella serie di macchine ed i loro usi, mi han fatto riputare inutile il descriverle, e l'entrare in un minuto detaglio circa la maniera, onde gli esperimenti si debbono praticare: cosa, che riesce, per verità, sommamente nojosa e ristucchevole, siccome avranno sperimentato coloro che si son messi a leggere il Corso di Fisica dell' abate Nollet. Per la qual cosa ho giudicato conveniente l'accennar soltanto quelle parti delle macchine, che conducono all' intelligenza de' rispettivi esperimenti, potendosi supplire al resto mercè l' ispezione delle Figure. In simil guisa il detaglio degli espe-

rimenti divisati si è ridotto unicamente al puro necessario, talchè si possano dalla lettura di essi rilevar nettamente le pruove delle verità, che li riguardano: ciocchè dà benanche un vantaggio a coloro, che non essendo provveduti di macchine, e non ritrovandosi in circostanze di poter assistere al corso, che dassi annualmente in questa Università di Napoli, vorranno essere istrutti intorno alle cose contenute in quest' Opera.

Avendo costantemente in mira il profitto de' giovani, ogni volta che mi si è presentata l'opportunità, ho cercato sempre di additare gli usi delle dottrine le più interessanti, affinchè si possano quelle applicare ai casi pratici; o almeno per poterne ritrar dei lumi, che riuscir potessero profittevoli nelle varie occorrenze della vita; ciocchè costituir dee lo scopo di tutti coloro, i quali si pregiano di essere effettivamente interessati pel bene dell' uman genere, e di poter rendere degli efficaci servigj a' loro simili. Oltreachè non ho tralasciato di riportarvi tutte le nuove scoperte, e specialmente quelle, che riuscir possono più profittevoli a noi; quali sono, per esempio, le scoperte relative all' Elettricità, ed ai suoi usi nella guarigione di parecchie malattie: ciocchè si tiene comunemen-

te in un totale discredito, ma poi si pratica oggigiorno con molta felicità in Inghilterra, con aver cambiato l'antico metodo di applicarla. Di questo genere sono benanche le scoperte, che riguardano l'aria infiammabile, fissa, nitrosa, ed altre arie fattizie d'indole simigliante, come altresì le osservazioni praticate relativamente al calore animale, al magnetismo animale, e ad altre materie di gran rilievo. E finalmente ho adoperata una cura speciale per far sì, che ciascuno rilevar potesse, per così dire, a colpo d'occhio, quali sieno le verità dimostrate, e quali le ipotetiche, ossia fondate unicamente su di pure conghietture; senza dissimulare, che intorno a parecchj punti, ne' cui recessi non è ancora giunto a penetrare, ad onta de' più valevoli sforzi, l'umano intelletto, ci troviamo del tutto privi di lumi, e perciò abbandonati intieramente nelle tenebre dell'incertezza.

Mi son creduto in obbligo nel tempo stesso di seguire un metodo tale in tutto il corso dell'Opera, che si potessero render manifesti a ciascuno que' principj, d'onde le rispettive verità immediatamente derivano, talchè scòrger si potesse a chiaro lume quella stretta e maravigliosa connessione, cui serbano scambievolmente ne' varj punti di vista le

cagioni, e gli effetti; e quindi rilevare, che questi, comechè innumerabili, e quasi infiniti, vengono tuttavolta originati da un picciolo, e determinato numero di cagioni; lequali quantunque regolate sempre da poche leggi economicamente stabilite da una infinita, ed imperscrutabile sapienza, variano però in mille guise, per forza di modificazioni, i loro meravigliosi lavori. Non v' ha cosa, a parer mio, la quale sia sufficiente a destare in noi i più vivi sentimenti di stupore e di ammirazione pel sapientissimo Architetto della grand'opera della Creazione, quanto il meditare un poco sulla prodigiosa semplicità, ed economia, con cui vedesi governato il general sistema dell'Universo.

I continui, ed efficaci sforzi de'gran Filosofi de'nostri tempi per poter penetrare più addentro nella conoscenza della Natura, rendendo quest'Opera suscettibile di tratto in tratto di nuovi accrescimenti, e di maggior perfezione, valgomi volentieri dell'occasione, che presentami il rapido spaccio delle cinque edizioni antecedenti, per arricchir questa sesta delle più interessanti scoperte fattesi di recente su di varie materie, e per illustrare maggiormente le dottrine, ch'eran già note (non risparmiando neppur l'aggiunta di

alcune Figure), ad oggetto che i giovanetti acquistar possano le cognizioni più complete, che sia possibile, intorno a questa scienza.

Non sembri strano in veder inserito il Saggio di Astronomia, ed il Trattato sul flusso e riflusso del mare, nel primo Volume di quest'Opera, ove si ragiona unicamente della Fisica generale; poichè ciò facendo, non solo ho creduto di legarli immediatamente, come ho già dichiarato, colle dottrine delle forze centrali, da cui essi hanno una grandissima dipendenza; e perciò di renderli pienamente intelligibili a'giovani allievi; ma ho giudicato benanche di render nel tempo stesso amena e dilettevole quella parte della Fisica, cui la mancanza di mostrarne contemporaneamente a'giovani stessi la preziosa utilità, e le vantaggiose conseguenze, alle quali apre la strada, fa loro riguardare come poco interessante, anzi dell'intutto ristucchevole.

Queste son quelle cose, che ho sempre avuto presenti allo spirito, durante il tempo, che ho scritto questi Elementi di Fisica. Se sarò ben riuscito nella mia intrapresa, potrò riputarmi fortunatissimo; in caso contrario, rammento a chiunque esaminerà questa mia fatica, che basta l'esser uomo per far sì,

LEZIONE PRIMA

Sulla materia in generale.

ARTICOLO PRIMO.

Dell'esistenza, della natura, e delle proprietà della materia.

1. L' oggetto della scienza della Fisica, che direbbesi altrimenti *Scienza della Natura*, è tuttociò che v' ha di sensibile nel vasto teatro dell' universo; nel cui esame non ristrignesi ella soltanto alla considerazione degli effetti, e de' fenomeni, ma si sforza benanche, per quanto è possibile, di rintracciar le cagioni, che li producono. E' cosa inutile il porsi ad investigar seriamente per via di raziocinj, se coteste materiali sostanze, che colpiscono i nostri sensi di continuo, ed in varie guise, abbiano o no realmente la loro esistenza. Se l' interna nostra coscienza ce ne rende oltremodo sicuri; e se il nostro intelletto, ad onta de' maggiori sforzi possibili, non può concepire, se non se materia; perchè mai affannar ci dobbiamo a volerlo poi matematicamente dimostrare, quasichè l' esistenza della materia svanisse, per non aver noi de' mezzi da poterne convincere gli altri.

2. Se la *natura*, o vogliam dire *l' essenza* di cotesta materia, ci si potesse render nota in qualunque modo, sarebbe essa l' oggetto in-

teressantissimo delle prime ricerche del Fisico. Ma poichè avvolta ella tra dense e folte tenebre, par che abbia finora delusi i più gravi sforzi degl' ingegni più perspicaci, uopo è riguardare le differenti opinioni de' filosofi su di tal punto come puramente vaghe, e immaginarie; e quindi tener per fermo, che l'idea, che si ha della materia, è del tutto imperfetta.

3. Questa verità si rende più soda e più evidente col riflettere, che non solamente siamo all' oscuro su ciò che riguarda l' essenza della materia, ma v' ha eziandio ragion di credere, che forse non ci sono conosciute tutte le sue proprietà. Di fatti prima che Nevvton ne avesse suggerite le prove, era un semplice sospetto venuto a cognizione di pochi, che l' attrazione convenisse generalmente a tutt' i corpi. Ed ora chi mai ci può assicurare, che non abbiano i medesimi altre proprietà a noi ignote?

4. Forz'è ripartire in due classi le proprietà della materia da noi conosciute; comprendendo nella prima tutte quelle, che sono inseparabili da'corpi, che sono sempre le medesime in qualunque luogo, in qualunque tempo, ed in qualsivoglia circostanza; laddove la seconda abbraccia tutte quelle altre, che non competono ai corpi, se non se per accidente, dimodochè la loro privazione non porta seco la distruzione di quelli. Nella prima classe si annoverano l'*estensione*, la *solidità*, o vogliam dire *impenetrabilità*, la *figurabilità*, la *mobilità*, l' *inerzia*, ed altre tali. Alla seconda si appartengono il colore, l' esser freddo, o caldo; la fluidità, o la durezza, l' esser levigato, o scabroso, l' es-

ser sonoro, odoroso, opaco, luminoso, ed infinite altre proprietà simili a queste, le quali ognun vede, che possono variare a norma delle circostanze. Per lo contrario non v'ha corpo in natura, che non sia sempre esteso; ond' è, che Renato delle Carte riguardò l'estensione come l'essenza della materia, confondendo l'idea del corpo fisico con quella del corpo matematico. Similmente non v' ha corpo nell' universo, che non sia solido, che val quanto dire, che non resista al tatto, e non impedisca un altro corpo di occupare il suo luogo nel tempo stesso. Quindi Gassendo considerò l'essenza del corpo riposta in questo attributo; non accorgendosi, che non possono dal medesimo derivare tutti gli altri, i quali come aderenti, dirò così, all'essenza debbono necessariamente derivare da quella. Procedendo oltre in simil guisa non si troverà un corpo, che non abbia una qualche figura; che non sia atto al moto, quantunque non si muova attualmente, che non sia divisibile in parti, di cui si compone; e finalmente che non sia *inerte*.

5. La conoscenza di tutte le rammentate proprietà della materia è derivata unicamente dall'esperienza: e poichè non v' ha corpo, su cui si possono istituire gli esperimenti, il quale non sia fornito di siffatte proprietà: ragion vuole, che le medesime si reputino comuni anche a quei corpi, che non si possono assoggettare ad un tale cimento, e conseguentemente che si riguardino come universali della materia.

ARTICOLO SECONDO.

Dell' estensione, e quindi della divisibilità della materia in un prodigioso numero di parti; e della natura delle medesime, considerate come elementi de' corpi.

6. La prima proprietà, che ci presentano i corpi, qualor gettiamo su di essi lo sguardo, è la loro *estensione* in lunghezza, larghezza, e profondità, su di cui assegnar si possono varj punti, gli uni distinti dagli altri. Siam da ciò agevolmente indotti a concepire d'esser eglino atti a poter essere separati in alcun modo; e quindi ne deriva l'idea della divisibilità de'corpi, e della loro figura, conciossiachè non estendendosi essi all'infinito, forz'è che abbiano alcuni determinati limiti, da'quali poscia la figura risulta. Per poco che si voglia riflettere sulle proprietà, che ha la materia di poter esser divisa in parti, nasce tosto la curiosità di sapere i limiti di una tal divisione. Non è agevole però il rimanerne soddisfatto. Se la cosa vogliasi esaminare matematicamente, si troveranno delle dimostrazioni per provare, che la materia è divisibile all'infinito. Basterà il rapportar qui la seguente, ch'è molto decisiva. Suppongasi, che una particella qualunque di materia venga espressa dalla linea A B. Per le sue estremità A, e B si facciano passare due rette C D, E F, paralelle tra di loro, prolungate all'infinito. Se nella retta B F si prenda qualsivoglia numero di parti finite; e da un

Tav. I. Fig. I.

punto, come H, presso tra A e C, si tirino altrettante linee rette a' varj punti di divisione; coteste rette segheranno la particella A B in un numero di parti ad esse corrispondente. Ciò non ostante però, per quanto grande vogliasi prendere siffatto numero, non si potrà giammai segare tutta la linea A B; imperciocchè essendo le due rette CD, EF, tra sè paralelle; non si potrà giammai dal punto H tirare una retta a qualunque punto di divisione assegnabile in BF, la quale vada a coincidere colla retta CD; e per conseguenza ci resterà sempre una porzione di AB tra A, ed O, che non mai si potrà finir di dividere, sia quanto si voglia immenso il numero de' punti presi in B F, d'onde si rileva ad evidenza esservi nella particella A B un numero infinito di parti.

7. Volendosi d'altronde porre al cimento l'immaginazione; sebbene possa questa concepire le più picciole particelle come dotate di una picciolissima estensione, e perciò capaci di poter esser divise sempre più in altre parti: pure, giunta che sia ad un certo segno, si smarrisce finalmente, e si confonde: le facoltà del nostro intelletto sono del tutto limitate; e ci troviam tanto imbarazzati nel concepir cento milioni di particelle in un granello di sabbia, quanto lo siamo nel volerci formar l'idea dell' estensione immensa dell' intiero universo. Lasciamo dunque da parte le dimensioni astratte, che fan l' oggetto della Matematica; e non c' imbarazziamo co' voli dell' immaginazione, che ci faran sempre rimanere nell' incertezza; ma osserviamo quello, che la natura e l' arte ci offrono in realtà su di tal pun-

to: conciossiachè quantunque siffatti lumi non decidano, se il campo assegnato alla rapportata divisione si estenda all' infinito, nulladimeno ci mostrano ad evidenza, che la materia è capace di esser divisa in un numero di parti così immenso, che giugne fino a stancare la più vivace immaginazione.

8. Se in una notte serena pongasi a cielo aperto una candela accesa, diffonderà questa tanta luce che si potrà agevolmente scorgere fino alla distanza di due miglia, ossia di 10 mila piedi tutt' all' intorno. Egli è noto presso de' Matematici, che uno spazio sferico, che abbia il semidiametro di 10 mila piedi; in sè contiene 4 bilioni, 190 mila, 400, e più milioni di piedi cubici. Per via di un agevole sperimento si può rilevar di leggieri, che una candela di sego di sei a libbra può continuare a bruciare per lo spazio di cinque ore, e quindi che nello spazio di un secondo viene a consumarsi $\frac{1}{14}$ parte di un grano di sego. Che però egli è chiaro, che le particelle di luce sviluppate da $\frac{1}{14}$ di un granello di sego, illuminano uno spazio sferico, che in sè contiene 4 bilioni, 190 mila, 400, e più milioni di piedi cubici, per lo continuato intervallo di un secondo. Ciocchè, a dir vero, ci fa rilevare, che la picciolezza delle particelle della materia è immensa a segno tale che supera di molto la forza della nostra immaginazione; la quale resterà viemaggiormente imbarazzata e confusa dal riflettere, che essendo la luce lanciata da' corpi luminosi con una indicibile celerità, l' anzidetto spazio sferico viene ad esser riempiuto più migliaja di volte nell'interval-

lo di un secondo da quella luce, che si sviluppa da $\frac{1}{14}$ di un granello di sego.

9. E giacchè si ragiona di luce si può dar mai argomento più convincente a prò dell'enorme divisibilità della materia, di quello che si ricava dal forare una carta colla punta di un finissimo ago? Collocandoci in un luogo aperto, ad adattando destramente l'occhio al mentovato bucolino, ci si renderà visibile una buona parte del celeste emisfero. Per quanto suppor si voglia vivace la nostra immaginazione, chi mai potrà comprender col pensiero, oppur chi mai non ismarrirassi al solo tentar di considerare l' infinito numero di particelle di luce, le quali spiccate da ogni punto visibile del firmamento, uopo è che si facciano strada attraverso di quel foro per internarcisi nell'occhio, e quindi renderci sensibili tutti siffatti punti? Quale abisso di stupore non ci si para dinanzi al solo riflettere, che tutti quegl' infiniti raggi debbono raccorsi nel tempo stesso nel picciolissimo spazio contenuto in quel foro! Qual mai dunque esser dee la loro sottigliezza, e quanto ancor più esili le particelle, ond' essi sono composti!

10. Oltrechè è noto a' Fisici l' esperimento del Boyle, praticato con un'oncia d'acqua messa a bollire dentro di un picciol globo di rame guernito di un sottilissimo orifizio. Tostochè il vapore dell' acqua rarefatta incominciò a scappar fuori per l' orifizio medesimo, formò una specie di piramide, che occupava lo spazio di circa 32 pollici cubici, e che continuò ad uscire dal globo per l'intervallo di 18, oppur 20 minuti. Or supponiamo, per render la co-

vengono occupati dalla foglia d'oro,
cotesta foglia, e conseguente-
d'oro, da cui si è formata,
da . . artefice dividere in 500 mila par-
bili ad occhio nudo. E' tale poi la sotti-
, a cui si riducono coteste foglie, che
unque se ne ponessero 124 mila, e 500
sopra l'altra, e quindi si comprimesse-
temente, non formerebbero una spessez-
maggiore di un pollice.

2. Il risultato de' fatti rapportati in ultimo
go si renderà veramente prodigioso mercè
semplice ispezione del coltello spirale di
mming. E' questo uno stromento atto a di-
re i piccioli ramuscelli, o virgulti di qua-
que pianta in lamine trasversali finissime;
hè rendansi del tutto trasparenti, e da po-
ne scorgere la tessitura col mezzo del mi-
copio. Chi volesse acquistare l'idea volga
guardo alla figura prima della Tavola V, Tav. I. Fig. 1.
lo vedrà rappresentato da AB, ch'è pro-
nente un cilindro di avorio di circa 4 pol-
di lunghezza, e di tre pollici di diametro.
oltello spirale CD di finissimo acciajo gia-
'l piano superiore E E di esso cilindro,
cui mezzo essendo egli fissato mediante
erno, si può liberamente girare per via del
ibrio F, e produr così su tal piano lo

L'immensa duttilità dell'oro ci sommini-
a tal proposito un altro fatto ugualmen-
tentoso; leggendosi nelle memorie del-
demia delle scienze di Parigi, che da
ia d'oro può formarsene un filo ch'abbia
ghezza di 73 leghe; ossia di 182 miglia
:o d'Italia. Se ogni pollice di cotesto fi-
oncepisca diviso in 2 mila parti visibi-
mai potrà concepire col pensiero il nu-
nmenso di particelle d'oro, che trove-
si in un filo della lunghezza di 182 mi-
mezzo, e conseguentemente in una sola
l'oro?
[curiosi e diligenti osservatori delle co-
rali sono giunti a scuoprire mercè l'aju-
ttimi microscopj, che una fibra musco-
rga $\frac{1}{24}$ *di pollice; ossia mezza linea, si*
cilmente dividere in 600 fibrelline, cia-
na delle quali è capace di esser separata
di ulterior diligenza, e fatica, in altre
:he val quanto dire, che in una fibra
nezza linea, se ne possono francamente
re altre 180 mila assai più dilicate e
; e quindi 4 milioni, 320 mila in una
iuscolare della larghezza di 12 linee, o
ı dire di un pollice. Considerando poi,
scheduna di tali fibrelline aver dee delle
e de'canali appropriati a ricevere l'umo-
: la nutrisce, chi non vede, quanto più
sser dee il diametro di siffatti canali, e
ancora più minuto quello delle particel-
luidi, che vi debbono scorrer per entro?
fatti i due celebri osservatori microsco-
eeuvvenhoek, e Jurin convengono nell'af-
e, in conseguenza delle più accurate os-

naturalmente raddoppiato), e del peso di due grani, e mezzo. Che però quand' anche non si volesse tener conto della sua larghezza, la quale è certamente divisibile in più parti, pure assegnando a ciascun pollice di esso due mila particelle (§. 12), si troverà di potersi egli realmente dividere in 48 milioni di parti, non ostante che il suo peso non superi due grani e mezzo, come si è già dichiarato. Che direm poi di que' finissimi fili formati dall' umor glutinoso, solito a scaturire da' cinque differenti capezzoli, collocati nella coda di un ragno adulto, e da' quali poscia condensati al contatto dell' aria formasi un filo dell' ordinaria lor tela? Rapporta Leeuvvenhoek d' esser eglino dilicati al segno, che se ne richiederebbero dieci mila per uguagliar la grossezza d' un pelo della sua barba. Soggiugne quindi di aver rilevato ulteriormente per via di calcoli, che per uguagliar la grossezza d' un solo de mentovati fili converrebbe unire insieme in un fascio 400 di quelli che vengon filati d' ordinario da' ragni giovinetti: dal che chiaramente si deduce che farebbe mestieri di affaldellare quattro milioni di cotesti fili per poter uguagliare la doppiezza d'un solo pelo.

16. V' ha una specie di fungo assai comune presso di noi, detto da Linneo *Lycoperdon bovista*, il quale essendo conformato a guisa d' una palla, contiene in sè una grandissima copia di finissima polve, leggiera qual fumo, e molto simigliante, anche nel colore, al tabacco di Spagna. Osservata col microscopio, scorgesi essere un aggregato di globetti di co-

lor d' arancio, esili al segno, che il loro diametro non oltrepassa $\frac{1}{50}$ parte del diametro d' un capello; ond' è, che un cubo, la cui larghezza adeguasse il diametro d' un sol capello, sarebbe capace di contenerne 125 mila.

17. Finalmente, tralasciando di rapportare qui un gran numero di esperimenti praticati da Boyle, Leeuvvenhoek, Kelli, ed altri, che chiaramente dimostrano la verità, di cui si ragiona, mi contenterò di dire, che la medesima vien provata ad evidenza da quelle tali sostanze, quali sarebbero il muschio, l' ambra griggia, l' assa fetida, ed altre simiglianti, da cui esala una quantità di particelle odorose così immensa, che giugne ad infettare vasti edifizj per lo spazio di più anni, senza che le sostanze medesime scemino per avventura sensibilmente di peso. Oltreacchè un granello di rame, che sciolto nello spirito di sale ammoniaco tinge sensibilmente di color blù 28434 grani di acqua, ci fa scorgere mercè di un calcolo agevolissimo, d' essersi egli diviso in 100 milioni di parti visibili. Qual enorme picciolezza non doveano avere le particelle componenti i piccioli vasellini di quegli esilissimi insetti, osservati col microscopio dal diligente Leeuvvenhoek, più milioni de' quali uniti insieme appena uguagliavano un granello di sabbia?

18. Il giugner tant' oltre nell' esame di una tal quistione dee certamente soddisfare un Fisico, che non cerca di sapere altre verità d' ordine naturale, se non quelle che gli vengono suggerite da' fatti, senza cercar poi di rintracciare coll' immaginazione, quali sie-

no i primi componenti de' corpi, e se i medesimi sieno o no capaci di esser divisi; conciossiachè siffatte ricerche superando del tutto le forze del nostro intelletto, ci fan perdere in vano il tempo e la fatica, per esser finalmente abbandonati in una insuperabile oscurità. E a dir vero, chi non riderebbe in iscorgere il gran Renato delle Carte, porre a tortura il suo cervello per istabilire quali sieno i primi elementi de' corpi, e come sia stato da quelli composto l' universo, quasichè foss' egli stato a fianco dell' Altissimo ne' giorni della stupenda Creazione? Immagina egli, che ad un immenso masso di materia omogenea, creata, e divisa dalla mano dell' Onnipotente in tanti piccioli cubi, ti fosse comunicato un violento moto dalla mano medesima, per cui anche ciascuno di essi cominciò a rivolgersi intorno al proprio centro; e che per virtù dell' enorme fregamento, che siffatti cubi dovettero soffrire nel loro particolar movimento, si dovettero per necessità rompere, e stritolare i loro angoli, e quindi ritondarsi. Da cotesti cubi ritondati; dalla materia, che risultò da' frantumi de' loro angoli; e da un certo finissimo polverio, che dovè naturalmente generarsi nell' atto del fregamento, suppone egli, che foste stato formato l' universo, dimodochè i frantumi degli angoli, ossia la materia del terzo elemento, per esser fra tutte la più greve, passò a formare la terra, i pianeti, e i rimanenti corpi opachi; e quella del secondo elemento, o vogliam dire le parti ritondate più uniformi, o diafane, vennero ad

re il luogo dell' atmosfera, che fu da rodotta, e la cerulea volta del cielo; ndo il primo elemento, ossia la massimamente dilicata, attiva e sottile ata soprattutto nel mezzo dell' immenso te), alla formazione del sole, e della tosa serie de' corpi luminosi; a riem- e tutt' i vôti, ed a fare tutti quei miracoli cui avrem motivo di rapportare in altro luogo più a proposito. Chi non si avvede altro non esser questo, che un ingegnosissimo ritrovato, il quale ha tutta l' aria d' un romanzo filosofico? L' oggetto del buon Fisico non è quello di formare il mondo, ma soltanto di esaminare i fenomeni, e le leggi, ond' esso è governato.

19. Rivolgendo lo sguardo all' immensa serie de' corpi contenuti nell' universo, non v' è cosa più ovvia e naturale, quanto il credere d' esser ciascheduno di essi composto del suo particolar genere di materia; non iscorgendosi la menoma simiglianza, per esempio, tra le particelle del ferro, dell' acqua, del legno, delle pietre, del fuoco, e così di mano in mano: tuttavolta però volendo entrare un poco nell' esame di un tal punto colla guida de' fatti, e degli esperimenti, si troveranno forti ragioni da poter sospettare esser la materia omogenea in tutt' i corpi, sì solidi, che fluidi; e che la loro pressochè infinita diversità nasce unicamente dalla differente grandezza de' primi componenti; dalla varia maniera, onde siffatta materia trovasi modificata; dalla configurazione varia delle parti di ciascun corpo; dal diverso grado

di coerenza, onde mantengonsi insieme unite; e da altre qualità di simigliante natura. V' ha cose più differenti, per modo di esempio, quanto l' acqua, e le piante? E pure non v' ha dubbio, che l' acqua, onde le piante s' innaffiano, convertesi alla giornata in radici, tronchi, rami, foglie, pedicelli, fiori, e frutti d' infinita varietà in quanto alla consistenza, alla struttura, al sapore ec., senza rammentare il meraviglioso numero delle parti, onde ciascheduna delle anzidette viene ad esser composta. Di fatti se prendiamo il semplice fiore, qual diversità non si ravvisa tra il pedicello, il calice, la corolla, il pistillo, gli stami, le antere, i nettari, il pericarpio, che son tutte parti, che lo costituiscono? E cotesta sensibilissima diversità crescerà viemaggiormente, se vogliansi paragonare insieme i fiori, le foglie, i frutti, le radici, ec. delle varie piante. Questa ricerca può portarsi anche più oltre; ed a misura che diviene più meravigliosa, accresce forza all' argomento, di cui qui si ragiona. Un uomo, che non si nudrisce d' altro, se non se di piante, e de' loro prodotti, avrebbe senza dubbio un sufficiente nodrimento, atto a rinfrancare le forze della vita; a mantenere, ed a far crescere le parti, ond' è formata la sua macchina; talmentechè quelle tali piante, e i loro prodotti, si convertirebbero nel tempo stesso in muscoli, in tendini, legamenti, cartilagini, membrane, ossa, nervi, arterie, vene, sangue; e quindi in parti organiche, composte di un immenso numero di parti differenti, cui trop-

mento. E quand' anche fosse vero il contrario, pure ciò proverebbe, che le particelle oliose, saline, spiritose, ec., si sarebbero convertite in piante, e quindi nel corpo di un uomo; e che gli stessi elementi appiattati nel sen della terra, ovvero sparsi per entro all'atmosfera, combinati, e preparati in varie guise, fanno brillar la rosa per la vaghezza del suo colore, e la soavità de' suoi profumi; il giglio pel suo candore; le frutta di varie sorte pel vario loro squisito sapore; e rendono detestabile il nappello, e la cicuta, a cagion del loro mortifero veleno.

20. Considerate un poco le metamorfosi, a cui è soggetta una mosca, una farfalla, una pulce. Aggomitolato l' embrione di questa entro un vaghissimo uovo, candido, e levigato al par dell' avorio, vedesi poscia uscirne sotto la forma d' un rosso verme anellato, lungo, e vorace, il quale dopo d' essersi ben nudrito raggruppasi in nuova guisa, e si trasforma in crisalide, d' onde sbuccia finalmente in forma di pulce, guernita di dura e lucente scaglia di vago color d' oro, ed ornata d' ispidi peli, di gambe lunghe, ed elastiche al par d' una molla d' acciajo, di corna articolate, e di robusto pungiglione, onde ci trafora la pelle per succhiarne il sangue, che la nodrisce. Il rozzo embrione della mosca sbucciando dall'uovo, allogato soventi volte entro a un mucchio di schifoso succidume prende la forma d' un bianco verme, qual è appunto quello del cacio, per servire in grossi bulicami di delizioso cibo alla sucida ingordigia di taluni; e dopo d' essersi cangiato in crisalide, divien in ulti-

cangiamento; disortachè qualor ci sembra, che le create cose vannosi a logorare, o riduconsi in nulla in forza delle naturali vicende, altro non succede, se non sè un puro scomponimento delle loro parti, le quali passan poi a costituire sotto nuova forma altre materiali sostanze; avverandosi in ciò l' antico detto della Peripatetica scuola, cioè a dire, che la corruzione d' una cosa cagiona quindi la generazione di un' altra. Così il regno minerale contribuisce sensibilmente alla conservazione, ed all' accrescimento del regno vegetabile; e questo alla sussistenza, ed al buon essere del regno animale; e così ancora legansi meravigliosamente insieme tutti gli esseri creati nell' ordine di natura alla guisa di tanti anelli d' una lunghissima catena, di cui gli uni sono dipendenti dagli altri; e quei che sembrano i più disgiunti per cagione della loro lontananza, possono agevolmente congiugnersi, quando l' uopo il richiegga, senza che ne segua perciò il menomo sconcerto. Dal che ne risulta poscia un tutto armonico e regolare, ad onta dell' apparente diversità, e del contrasto de' suoi elementi.

ARTICOLO III.

Della porosità de' corpi, e quindi della loro densità.

23. Essendo i corpi composti di un prodigioso numero di picciole particelle, ed essendo queste di diversa figura, e combinate in di-

verse guise ; ne siegue, che non tutte le loro parti esser possono in contatto le une colle altre. Quindi ognuno chiaramente si avvede, che in ogni corpo ci debbono rimanere degl' intervalli in gran numero frapposti tra le sue particelle, nella guisa appunto che scorger si suole in un mucchio di palline, di grani di miglio, o d' altre simili sostanze gettate alla rinfusa dentro un paniere. A siffatti interstizj si dà il nome di *pori* ; ond' è, che può dirsi non esservi alcun corpo in natura, il quale non sia poroso : e questa porosità è considerabile a segno, da non potersi agevolmente immaginare da coloro, che non l' abbiano seriamente esaminata per via di fatti. Qualunque corpo è rappresentato alla guisa di una spugna all' immaginazione di un Fisico.

24. Prendete le sostanze le più dure senza eccettuarne l' oro, ch' è il più consistente di tutt' i metalli ; esponetele al fuoco, e vedrete, che ne saranno penetrate a segno, che concepiranno un gran calore in tutta la loro massa : e se il fuoco sarà violento, opererà con tanta forza nella massa medesima, che internandosi tra le varie particelle di quella, e facendo quivi le veci di cuneo, supererà la forza della loro naturale coerenza ; e separando le une dalle altre, le ridurrà nello stato di fusione oppur di scioglimento. La qual cosa non potrebbe in alcun modo avvenire, se non ci fossero in que' tali corpi innumerabili pori, ne' quali il fuoco si possa internare.

25. La dilatazione de' metalli col mezzo

del calore, e 'l loro ristringimento in forza del freddo, ci somministrano una pruova evidentissima della porosità de' corpi. Facciamo uso del pirometro; e ne resteremo convinti in un modo sensibilissimo. La più semplice costruzione di questo stromento viene rappresentata dalla Fig. 9. della Tav. VI. Il braccio curvo *s* E D è girevole intorno al perno E, talchè spignendosi l' estremità *s* verso G, l' asta E D preme contro l' indice X Z del quadrante, o sestante M, e l' obbliga così a montar mano mano lungo il lembo graduato F K del quadrante medesimo. La verga metallica R Q, di cui vuol misurarsi la dilatazione, viene appoggiata su i due sostegni metallici A, B, in modo però, che la sua cima *y* resti fissa, e frenata sul sostegno A mercè d' una cavicchia di ferro, e l' altra *z* rimanga del tutto libera. Siffatta estremità della verga fassi di tale lunghezza, che tocca immediatemente l' asta corta *s* E del braccio suddetto. La cassetta, o lucerna H, riempiuta di spirito di vino, e gueruita de' lucignoli *c*, *c*, *c*, *c*, *c*, *ec.*, soggiace direttamente all'indicata verga. Per rendere cotesto istromento di gran lunga più esatto in operazioni più dilicate, vi si sono aggiunti diversi altri pezzi; e noi ne darem la figura nel quarto volume di quest' Opera, ove ragionerassi del fuoco. Applichiamo dunque al pirometro, di cui si ragiona, una barra metallica, qual sarebbe per esempio, la verga di ferro R Q, di una determinata e conosciuta lunghezza. Tostochè si accendono i lucignoli *c*, *c*, *c*, *c*, *c*, *ec.*, della lucerna H, l' indice X Z

Tav. VI. Fig. 9.

comincia a montare gradatamente lungo il lembo . F K del quadrante M ; ed un tale innalzamento cresce a misura che il calore va penetrando la massa della verga, e vi si va accumulando. Segno evidentissimo, che la verga si dilata gradatamente in virtù del calore, e si allunga al segno di spignere mano mano verso G l' asta corta *s* E del braccio curvo *s* E D, e quindi il detto indice del quadrante. Ed in fatti un tale allungamento scorgesi anche ad evidenza su di una picciola scala *b* incisa su 'l sostegno del quadrante medesimo, lungo la direzione della cima *z* della verga suddetta, qualora vi si osserva attentamente per mezzo di una lente che ingrandisca le divisioni della scala. Ciocchè chiaramente dimostra esservi moltissimi interstizj vuoti nella massa della verga, ne' quali internandosi il fuoco, sforza le particelle del ferro ad allontanarsi l'una dall'altra: ed un tal effetto vien prodotto ugualmente facendosi uso di altre barre di qualsivoglia metallo.

26. Non solamente il calor della fiamma, ma quello eziandio, che regna nell'aria nelle differenti stagioni dell'anno, produce proporzionatamente lo stessissimo effetto. Giusta gli esperimenti del Signor de la Condamine, una tesa di ferro si allunga a un di presso $\frac{1}{87}$ di linea a misura che il calore cresce di un grado nel termometro di Reaumur; e si è più volte osservato, che in tempo di estate una verga di ferro della lunghezza di tre piedi, è più lunga di $\frac{1}{70}$ parte di un pollice di quel che la è in tempo d'inverno. Siffatta dilatazione è più, o meno sensibile, a norma della diversità de'me-

talli; e perciò trattandosi di prender misure colla massima esattezza possibile, o bisogna tener conto dell'indicata dilatazione, oppure convien sempre ridurre le misure, che si adoperano, alla medesima temperatura.

27. Quindi ne avviene, che gli oriuoli a pendolo, e quei da tasca (quando anche non ci fosse altra ragione) soffrono sempre della variazione nell' additare il tempo, imperciocchè dilatandosi, e ristringendosi le ruote, i perni, ec., mercè del caldo, e del freddo della stagione, oppur del sito, in cui trovansi riposti, dee per necessità accrescersi, oppure scemarsi il fregamento delle parti, oltre ad allungarsi, o ad accorciarsi il pendolo; e dee prodursi in conseguenza della varietà nel movimento. Quindi date le altre cose uguali, un oriuolo a pendolo, od una mostra, suol ritardare in tempo di estate, per ragion che si accresce lo sfregamento in virtù della dilatazione de' metalli; e suol avanzare in tempo d'inverno per la ragione contraria. La varia influenza del caldo, e del freddo produce similmente varj gradi di tensione nella spirale d'una mostra, la cui diversa forza determina le velocità del bilanciere. E se l' esattezza d' una mostra dipende dall' uguaglianza costante delle vibrazioni di cotesto bilanciere, come mai possono quelle esser sempre uguali, qualor la forza, che le anima, è soggetta a cangiamenti? Or quantunque l' alterazione nelle dimensioni de' metalli non si possa in verun modo impedire, dobbiamo però esser grati a quegli artefici, che per via de' loro sforzi ingegnosi hanno inventato un particolar meccanismo per

correggere gli errori, che vengono originati dalla mentovata cagione. Il pendolo astronomico della nostra R. Accademia militare, opera insigne del celebre Cumming; quello del Cavalier Vivenzio fatto da Emery; i pendoli di Arnold, ugualmente che le mostre marine di questi due ultimi artefici insigni, godono di un siffatto vantaggio. Rettificate queste con un pendolo astronomico; e quindi messe in una stufa, e poscia nel ghiaccio; comechè il metallo si fosse alternativamente dilatato, e ristretto, non soffrirono perciò la menoma variazione nell' additare il tempo esattamente. Harrison, Monsieur le Roy, Ellicot, ed altri artefici insigni, si sono parimente distinti per la costruzione di pendoli di simil natura.

28. La porosità de' metalli, de' legni, e di altre durissime sostanze, può provarsi ugualmente riducendoli in lamine sottilissime, allorchè da opachi ch' erano, divengono trasparenti, dando così un libero passaggio alla luce. L' oro, ed il rame, ridotti in foglia, di cui facciam uso comunemente per dorare, sono trasparenti all' eccesso; e se sieno riguardati con un microscopio, presentano all' occhio una quantità di pori così immensa, che taluno gli prenderebbe per una rete. I rami de' legni i più duri, segati col mezzo del coltello spirale di Cumming, in laminette della 2 millesima parte di un pollice (§. 12), rappresentano il tessuto di un merletto, e taluni un crivello, od uno staccio. In un pezzo di sughero (che altro non è, siccome ognun sa, che la corteccia di un al-

ienza, e troverete a capo di pic-
... po d' essersi quello internato talmente
... alla sostanza del marmo, che anche se-
... questo in più tavole, vedrassi tinto dap-
. utto dello stesso colore. L' ingegnosissimo
incipe di Sansevero si è felicemente servito
. un tal metodo per dare a' marmi de' vaghi
olori artifiziali (*a*). Gli smeraldi, i rubini, i
opazj, e finanche i diamanti, che sono i più
luri tra le pietre preziose, convien che abbia-
io un numero indicibile di pori, poichè la
oro sostanza vien liberamente attraversata da'
aggi della luce.

30. Il mercurio stesso, ch' è il più denso di
utt' i fluidi, è proveduto de' suoi pori. Per ri-
manerne convinti; non avete a far altro, se
non se prendere un buon Termometro, ed ap-
plicare la vostra mano sulla palla di quello.
Scorgerete in breve spazio di tempo, che la
olonna del mercurio comincierà ad innalzarsi
ensibilmente, e sarà portata ad un' altezza
proporzionale alla forza espansiva del calore,
che s' interna ne' suoi pori.

31. Chi crederebbe esservi una infinità di po-
ri nella carta, che comparisce all' occhio di
aver la superficie non interrotta, ed unita? La-
sciando da parte il riflettere, che i liquidi vi
passano per lo traverso senza lacerarla, dedu-
ciamone una pruova luminosissima dal seguen-

(*a*) Il Signor Celebrano egregio pittore Napoletano, che assisteva il mentovato Principe in tutte le operazioni di tal natura, possiede oggi giorno tra noi l'arte mirabile di cui qui si ragiona, cioè a dire di dare ai marmi differenti vaghi colori con una grandissima facilità.

sperimento. Prendasi un poco d'inchi
simpatico, ch' è un liquido trasparente,
mile all'acqua, formato da una semplice
zione di sal di saturno, ovver di lita
nell'aceto; e scrivasi con esso su di un
di carta bianca. Pongasi questo (dopo che
chiostro sia bene asciutto, e i caratteri
divenuti invisibili) tra la coperta, e la
pagina di un libro voluminoso; indi si
un altro pezzo di semplice carta, imbevu
un' altra soluzione fatta con calce, ed orpi
to, tra l'ultima pagina del detto libro,
sua coperta corrispondente. Se chiuso il
in tal modo, andrassi poi ad aprire a ca
pochi minuti, si troverà; che il liquore
seconda carta essendo passato a traverso d
to il libro, sarà andato a colorire le l
scritte sulla prima, ch'erano, siccome
detto del tutto invisibili: e poichè le car
libro non sono in alcun modo danneggiat
virtù di siffatta operazione, nè se ne ve
menomo vestigio; uopo è conchiudere e
nella carta un numero grandissimo di por
chè riguardar si dee alla guisa di una ret
cui traverso uno de' mentovati liquori sia
to attratto dall' altro.

32. Non v'ha cosa più facile quanto il
tiplicar le pruove di questa verità, facend
della macchina pneumatica. Prendasi una
cie di Coppa A B, fatta di legno duro,
cui fondo sia formato da un cilindro, o
di legno di quercia C, il quale sporga in
per alcuni pollici. Si applichi il fondo d
testo vasellino sulla cima aperta di un reci
te, e si riempia di mercurio. Tostochè si

Tav. VI. Fig. 7.

o il vuoto nel recipiente mercè l' estrazione dell'aria, il mercurio contenuto nella coppa essendo fortemente premuto dall' aria esteriore, non incontrando dentro del recipiente alcuna resistenza, si fa strada attraverso de' pori del legno di quercia, che sono naturalmente disposti in linea retta, e scappando fuora in innumerabili zampilli, forma in quello spazio vuoto una vaghissima pioggia di argento.

33. Pongasi nell' anzidetto recipiente un bicchiere con acqua, e vi si lasci un uovo tuffato al di dentro. In cominciarsi a fare il vuoto, l'aria contenuta nell' interno dell' uovo non trovando al di fuori alcun ostacolo, scapperà pei pori della scorza in un grandissimo numero di bolle, le quali succedendosi velocemente l' una all' altra, compariranno sotto la forma di vaghissimi zampilli. Esponendo sotto del recipiente nella guisa medesima qualunque altro corpo solido, si avranno presso a poco i medesimi risultati.

34. Per ciò che riguarda i corpi animati, la grande loro porosità rilevasi ad evidenza dalla considerabile quantità di sudore, e d' insensibile traspirazione, che da ogni parte della loro pelle costantemente esala. L'acqua injettata nell' arteria aorta d'un tenero fanciullino, scorgesi agevolmente trasudare da ciascun punto della sua cute. Fa stupore il riflettere, seguendo le osservazioni microscopiche di Leeuwenhoek, che nella lunghezza d' una linea della nostra cute scuoprir si possono agevolmente 120 forellini, o pori che dir si vogliano; cosicchè ve ne saranno 1440 nella lunghezza di un pollice, e quindi 2 milioni, 73 mila, e 600 in un pol-

il mercurio la trapasserà dappertutto, spicciandone fuori a guisa di pioggia, oppur di acqua che sia gettata dentro un crivello, sarà un altra pruova manifestissima della notabile porosità della pelle degli animali.

36. Comechè sia evidentissimo esservi in ogni corpo un grandissimo numero di pori, non è a credersi però esser tutt' i corpi ugualmente porosi. Ve n'ha di quelli, le cui parti componenti sono conformate in modo, ed hanno un tal grado di naturale coerenza, che combaciandosi in più punti, lasciano per conseguenza un minor numero di spazj vuoti di quel che vi ha in altri, i cui elementi essendo di figura più irregolare, e dotati di minor forza di coesione, contengono siffatti vuoti in grandissima copia. Dunque la maggiore, o minore abbondanza di cotesti interstizj, fa che diversi corpi contengano maggiore, o minor quantità di materia sotto lo stesso volume, e quindi che sieno più o meno densi gli uni degli altri. L'oro dicesi più denso di qualunque altro metallo, perchè un pollice cubico di oro contiene un minor numero di pori, e conseguentemente una maggior quantità di materia di quel che si contiene in un pollice cubico di piombo, di ferro, di rame ec. Ma poichè egli è cosà impossibile il sapere accuratamente la quantità de' pori esistenti in un corpo qualunque, ci si rende ignota per conseguenza l' esatta quantità di materia, che in esso si contiene. Quindi siamo privi di mezzi da poter rilevare il peso assoluto de' corpi: e se diciamo, che questo pesa una libbra, e quello due, ciò deriva dall' averli paragonati col peso di un

ARTICOLO IV.

Dello spazio vuoto.

L'esistenza degli anzidetti innumerabili erstizj ne' varj corpi, che vi sono in natu-, ci somministra una fortissima pruova per lere, che non tutte le parti dell'immenso zio mondano sieno piene, ma che ve n'han cchie del tutto prive di materia, e consetemente vuote. E' questo un punto, su di si è lungamente, e con infinito calore diato nelle scuole: ed in fatti si troverà in grandissimo imbarazzo chiunque vorrà de'e una tal quistione col mezzo di puri cinj, de' quali ne troverà parecchi di peso *pro e contra*: ma se vogliam proceper la via delle osservazioni, e dell'eenza, ritroveremo delle pruove evidentisdella testè mentovata proposizione. Affin ndar oltre con chiarezza, distingueremo te pruove in tre rami, corrispondentementre fonti, da cui ci vengono somministi gli argomenti.

). Dedurremo adunque il primo argomento esistenza del moto, il quale non si pobe in alcun modo eseguire, se non vi fospazio vuoto in natura. E a dir vero, alnon essendo il moto di un corpo, se non n passaggio, ch'egli fa da un luogo in altro; ciascuno chiaramente si avvede, che tto corpo nel primo istante, che incomina muoversi, non potrà avanzare neppur un capello se i corpi, che lo circonda-

Sapreste dirmi perchè un pollice cubico di oro pesa più di un pollice cubico di ferro; e perchè questo pesa più di un pollice cubico di sughero? Ognuno sarà nello stato di rispondermi, che ciò nasce unicamente dall' esservi in un pollice cubico di oro maggior quantità di materia, e conseguentemente un minor numero di pori, ossia una minor quantità di spazio vuoto di quel che si contiene nel police cubico di ferro; nella guisa appunto, che il ferro in sè contiene maggior quantità di materia, e per conseguenza meno di spazio vuoto, che il sughero. Imperciocchè se la quantità di materia fosse uguale sì nel pollice cubico di oro, che in quello di ferro; essendo la gravità del tutto proporzionale alla massa, sì l'oro, che il ferro, peserebbero ugualmente; e per la stessa ragione uguale sarebbe benanche il peso del sughero. Or per esservi in un pollice d'oro maggior quantità di materia, che in un pollice di ferro, oppur di sughero, è necessario, che in questi ultimi si contenga una quantità maggiore di spazj vuoti, poichè il volume si suppone uguale. Sarebbe una conseguenza necessaria del pieno perfetto lo scorger l' oro, l' argento, i marmi e le sostanze le più gravi, galleggiar liberamente nell'aria a guisa di leggerissime piume; imperciocchè si ritroverebbero equilibrate perfettamente con quella, per la ragione che conterrebbero la stessa quantità di materia nello stesso volume. Dunque non v' ha dubbio, che il vuoto esista, qualor si badi seriamente alla diversa gravità specifica de' corpi.

42. Oltreacciò ricorriamo un poco alla macchina pneumatica; e son sicuro, che ne reste-

rete pienamente convinti. Prendiamo prima di tutto due piccioli emisferi di ottone, rappresentati dalla Fig. 4 della Tav. VI, e facciamoli combaciare in modo all' aria aperta, che uniti insieme vengano a formare un globo. Essendo essi in tale stato, una forza assai lieve basterà per disgiugnerli l' uno dall' altro. Or bene, uniamoli di bel nuovo, e ponghiamoli sulla macchina pneumatica, affin di estrarre l'aria da cotesto globo. Sapete che ne avverrà? Quegli emisferi, che poco fa avete disgiunti così agevolmente, dopo di averne estratta l'aria avran bisogno di uno sforzo considerabile per poter essere separati; non per altra cagione, se non se pel vuoto praticato al di dentro. Questo fa sì, che non essendovi interiormente alcuna resistenza, le due colonne d'aria esteriore, che han per base cotesti emisferi, li premono a vicenda in direzioni contrarie con tutto il lor peso; il quale se non venga superato non potranno essi disgiugnersi come dianzi. Per lo contrario facendosi essi combaciare insieme all' aria libera; e conseguentemente non essendovi vuoto al di dentro; l' aria interiore controbilancia quella di fuori, e non vi è ragione, per cui non si debbono separare l' un dall' altro.

Tav. VI. Fig. 4.

43. Per quanto evidenti però sembrar possano siffatte ragioni ad un animo spregiudicato, non giungono a persuadere i Peripatetici, i quali credono, che la natura abborrisca il vuoto come neppure i Cartesiani, che tratti da forza di sistema, ostinatamente sostengono esser tanto lungi, che il vuoto esista, che non potrebbesi quello cagionare neppur per vir-

tù della divina Onnipotenza. Imperciochè essendo l' estensione, secondo essi, l'essenza del corpo (§. 4), si dovrà questo rinvenire dovunque quella si ritrova: che però dee necessariamente esservi del corpo ovunque esiste lo spazio. Quindi fan tosto uscire in campo la lor *materia sottile* (§. 18), la quale pretendono, in primo luogo, che vada ad occupare con velocissimo moto tutti quegli spazj, che si frappongono tra le varie particelle de' corpi, e che dovrebbero rimaner vuoti, principalmente nella rarefazione di essi; 2°. che dalla maggiore, o minor quantità di siffatta materia esistente ne' corpi stessi, nasce poi la differente loro gravità specifica; e finalmente, che il moto si produce liberamente nel pieno per la cedevolezza della materia stessa da loro ideata.

44. Non merita la pena di rifiutare siffatte stranezze; bastando solo il riflettere, che l'esistenza di questa materia sottile è del tutto ipotetica, siccome abbiamo già osservato (§. 18); e poi che la medesima essendo corpo, dev' esser dotata di resistenza, di peso, e di tutte quelle tali proprietà, che competono ai corpi. Quindi sarà composta di parti, le quali attesa la somma fluidità, che i Cartesiani le attribuiscono, debbono essere sferiche, e conseguentemente toccar debbonsi in un punto. Ecco dunque degli spazj, che dovranno restare necessariamente vuoti, anche ammessi i prodigj della materia sottile Cartesiana.

45. S' egli è chiaro, ch' esistano de' piccioli spazj vuoti sparsi qua e là nella tessitura de' varj corpi, ragionevol cosa è benanche l' immaginare, che vi sieno altri ampj spazj fuori

della terra del tutto vuoti di materia; qual' è, per esempio, quello, in cui nuotano i corpi celesti. Imperciocchè per quanto sottile e delicato vogliasi concepire l' etere, che riempier dovrebbe siffatto spazio, giusta il sentimento di alcuni; non potendo quello esser altro, che corpo, verrebbe a ritardare considerabilmente il moto delle stelle e de' pianeti, mercè la sua forza d' inerzia, cui dovrebbero questi superar perfettamente. Cosa, che ripugna ai fatti, ugualmente che alla ragione.

ARTICOLO V.

Della forza d' inerzia.

46. Vuolsi intendere per *inerzia* la naturale *inattività* della materia, per cui vediamo alla giornata, che non può ella da sè mettersi in moto quando sia in riposo, nè cessare di muoversi, qualora non le si presenti verun ostacolo, che l' obblighi a porsi in quiete. Che però quantunque sia l' inerzia un principio puramente passivo, riguardar si può giustamente come uno sforzo, che i corpi fanno per rimanere nello stato, in cui si ritrovano sia di moto, oppur di quiete. Come in fatti volendosi arrestare un corpo, che attualmente si muova; oppur volendosi muoverne un altro, che stia in riposo, uopo è superare perfettamente l' inattività della sua materia; che val quanto dire, che fa mestieri d' impiegare una quantità di forza uguale a quella, con cui quel tal corpo resiste per non essere disturbato dal-

lo stato, in cui si trova: la quale forza impiegata viene conseguentemente distrutta dalla forza contraria del corpo medesimo; talmentechè non si mette egli in moto, ben non per virtù dell' eccesso della forza, che opera contro di esso per superare la sua resistenza. E poichè siffatta resistenza compete a ciascheduna delle minime particelle, di cui il corpo è composto, riguardar si dee come l'aggregato di tutte coteste resistenze parziali; e quindi l' inerzia dev' esser proporzionale alla quantità della materia. Avrem motivo di esaminare in appresso le conseguenze interessantissime, che derivano da un siffatto principio.

47. Chiunque entrasse nel sospetto, che la forza d' inerzia dipendere potesse da quella di gravità, in quanto che tirando quest' ultima tutt' i corpi verso il centro della terra, fa sì, che resistono essi a qualunque sforzo, che tenda a muoverli in altra direzione; potrà agevolmente convincersi del suo errore, lasciandosi liberamente cader di mano un corpo leggiero, qual sarebbe, per esempio, un pomo, affinchè discender possa con picciola velocità. Se nell'atto di tal caduta siegua egli il pomo colla mano in modo tale, che lo raggiunga in qualsivoglia punto della sua discesa, e lo prema verso giù, sentirà la resistenza del pomo verso la parte contraria, proporzionatamente alla forza, ond' egli lo percuote: segno evidente, che la forza d'inerzia non dipende in verun modo da quella di gravità, la quale non opera, siccome diremo, se non se in direzione tendente giù al centro della terra.

dalle accennate sostanze, che innalzandosi sensibilmente, andrà ad aumentarne le parti che sono molto al di sopra del suo naturale livello. E d'onde mai procede, se non se dall'attrazione, che una quantità di nitro, per esempio, oppur di sal di tartaro, quantunque asciutta, trovasi poi considerabilmente inumidita sicchè pesi il doppio, qualora tengasi esposta all'aria per qualche tempo?

49. Due palle di piombo A, B appianate in una picciola parte della lor superficie, e quindi applicate e premute di traverso con forza l'una contro l'altra, resteranno unite in modo, che converrà fare uno sforzo considerabile per poterle disgiugnere: e talvolta mantengono sospese parecchie libbre senza staccarsi. Il celebre Beniamino Martin me ne fece veder due in Inghilterra, le quali quantunque non pesassero che una libbra per ciascheduna, e comechè non si toccassero che in una porzione della lor superficie, uguale ad $\frac{1}{30}$ di pollice quadrato; pure giugnevano a sollevare un peso di dugento libbre. Cosa che fa stupore! E siccome ciò succede ugualmente nel vuoto, dove l'aria non ha veruna influenza, chiaro si scorge non doversi attribuire, se non se all'attrazione. Lo stesso effetto si otterrà in una maniera più sensibile applicando l'un sopra l'altro due piani levigati *a*, *b*, di ottone, oppur di cristallo, unti leggermente di olio, affin di sloggiare l'aria da loro pori: resteranno essi aderenti sì fattamente tra loro, che talvolta non basterà la forza di quattro uomini robusti per poterli distaccare; la qual forza supera di molto quella, che la pressione dell'aria potrebbe fare su di un

Tav. VI. Fig. 6.

Tav. VI. Fig. 3.

piano, che non avesse per esempio che 4 pollici di diametro. In generale tutt'i metalli che hanno facce levigatissime, ugualmente che l'avorio e 'l marmo, i quali sono suscettibili della stessa politura, applicati l'uno sull'altro colla dovuta diligenza, tengonsi scambievolmente uniti con tanta forza, che trattane l'aderenza cagionata dal peso dell'atmosfera, uguaglia talora 259 libbre, siccome fu rilevato da Musschenbroeck ne' suoi varj esperimenti.

50. Si è osservato più volte che in un tubo di vetro di circa 70 pollici di lunghezza, chiuso al di sopra e riempiuto di mercurio, perfettamente scevro di aria, sicchè l'interna superficie del tubo combaciar potesse appuntino coll'intiera colonna di quello; dopo di esserci capovolto, il mercurio vi è rimasto sospeso al di dentro. Chiunque volesse attribuire cotesto fenomeno all'efficacia dell'aria; la quale premendo il mercurio da sotto in su, l'obbligasse quindi a rimanere nel tubo, è pregato a rammentarsi che la pressione dell'aria non è capace di sostenére, se non se circa 28 pollici di mercurio, siccome dimostreremo a suo luogo. E' forza dunque il dire che gli altri rimanenri 42 pollici fossero sostenuti da un'altra potentissima cagione; in cui chi mai può non ravvisarci la legge di coerenza ossia la forza di attrazione fra il mercurio, e 'l vetro del tubo? Come in fatti per poco che un tal tubo si scuota, vedesi tosto uscirne il mercurio, essendo vinta la forza di aderenza dal proprio suo peso.

50. In compruova della spezial forza di aderenza tra le due mentovate sostanze, v'ha

Il decisivo esperimento praticato dal signor di Morveau col mezzo d'un piano di cristallo, ed un vaso di mercurio. Attaccata per via di mastice qualche sorta di appiccagnolo alla faccia superiore d'una lastra di cristallo A, che abbia il diametro di due pollici e mezzo, sospendasi ad una esatta bilancia B C, e si ponga ivi in equilibrio mercè di pesi annessi all' opposto braccio D di quella. Tostochè alla superficie inferiore dell' accennata lastra si approssimerà del mercurio, che sia riposto entro a un vaso, qual sarebbe E F, resteranno essi scambievolmente attaccati con tal grado di forza, che si richiederanno 666 grani di peso applicati all' opposto braccio della bilancia, per poter vincer la loro aderenza, senza che vi sia il menomo fondamento da poter sospettare, che possa a ciò contribuire la pressione dell'aria, riuscendo l'esperienza ugualmente bene nel vuoto della macchina pneumatica. Facendosi uso di piastre di metallo in vece di quelle di vetro, l' adesione sarà minore, a misura che i metalli, di cui son composte, hanno una minore affinità col mercurio, scorgendosi da' fatti, che per vincere l' adesione d' una piastra d' oro si richieggono 446 grani di peso; per l' argento 429; pel rame 142; pel ferro 115, e così dei rimanenti, non ostante che le piastre da essi formate abbiano tutte il medesimo diametro. Se in luogo di mercurio facciamo uso d' acqua, i gradi di aderenza de' mentovati corpi saranno anche diversi.

Tav. VI. Fig. 7.

52. Riempite d'acqua un bicchiere ben netto, e ponetevi dentro due leggerissime palle di vetro, due pezzetti di sughero, o altri cor-

i base è nella superficie dell' acqua del bic-
iere. Un tal fenomeno si renderà più sensibile
ll' atto che vogliasi ritrar dall' acqua un pez-
tto di legno di pino già immerso in quella;
ichè sarà tale la forza di aderenza, che ve-
assi l' acqua cingere il detto legno a foggia
un tubo, sollevato molto al di sopra dell'ac-
ia del vaso.

54. La figura sferica, che prendono le goc-
d' acqua, oppur di mercurio, gettate su di
a piano levigato, non si può ragionevolmen-
attribuire, se non se ad una considerabil
rza di attrazione, che regna tra le loro par-
celle, per la cui virtù sottraggonsi quelle al-
legge generale, a cui son soggetti i fluidi;
iè a dire di porre sempre a livello la loro
perficie.

55. L'esperimento dell'inchiostro simpatico,
pportato nel §. 31, può benanche servire di
rtissima pruova pel nostro assunto; essendo
io de' liquori attratto dall' altro con tanta ef-
cacia, che passa per lo traverso di un libro
luminoso, ed anche di un muro, per unirsi
vicenda, e quindi rendersi visibili. La Chi-
ica somministra benanche infiniti fatti eviden-
ssimi in pruova dell' esistenza di cotesta for-
a; da' quali par che si rilevi di vantaggio es-
rvi una legge particolare di attrazione fra cer-
specie di elementi, detta con altro nome
gge di affinità, da cui vien poscia origina-
un gran numero di prodigiosi fenomeni. Per
arne un picciol saggio rapporterò gli esperi-
ienti che sieguono.

56. Pongasi un pezzo di argento in una suf-
ciente quantità di acqua forte, e vedrassi to-

sto seguirne una sorta di effervescenza, durante la quale l'argento verrà sciolto dall' acido, si dissiperà tra le particelle di quello, e resteravvi incorporato. Se in tale stato di cose si getti della limatura di rame in quella tal soluzione, vedrassi succedere, che l' acqua forte abbandonando immediatamente le particelle dell' argento, che in sè conteneva, e lasciandole cadere a fondo sotto l' apparenza di una bianca polve (ciocchè da' Chimici si denomina *Precipitazione*), si attaccherà alla limatura del rame, cui si scioglierà e terrà seco unita, come dianzi avea fatto coll' argento. Un poco di limatura di ferro gettata in cotesto liquore, gli farà abbandonare il rame, precipitandolo al fondo del vaso per attaccarsi al ferro, il quale quantunque sciolto ed incorporato coll' acido, soggiacerà al destino de' mentovati metalli, qualor si ponga in quello un pezzettino di zinco, ch' è una delle spezie de' mezzi metalli. Essendo lo zinco già disciolto nell' acqua forte, vedrassi egli precipitare a fondo tostochè vi si versi dentro un po' di polvere d' occhi di granchj, la cui mescolanza cagionerà sulle prime una vigorosa e singolare effervescenza. Ecco pertanto nel risultato di questo esperimento una pruova manifestissima d'esservi una particolar attrazione tra le particelle dell' acqua forte, e quelle dell' argento; e d'esservene una maggiore tra l' acqua forte e 'l rame; giacchè al presentarsi di questo, che ne vien fortemente attratto, lasciansi in abbandono, e precipitansi al fondo le particelle di quello. L' attrazione col rame si dilegua immantinente al comparire del ferro; questa cessa del

tutto per dar luogo a quella dello zinco, la quale finalmente divien nulla a fronte della polve di granchj, con cui ha l'acqua forte una maggiore analogia. Questo è ciò che dicesi da' Chimici *legge di affinità*, la cui conoscenza essendo loro molto profittevole in parecchie occorrenze, si son formate delle tavole dette *di affinità*, ove trovansi registrati i differenti gradi d'attrazione, cui l'esperienza ha fatto ravvisare tra sostanze di diversa specie.

57. Se in due libbre di spirito di vino impuro gettate una mezz'oncia di sal di tartaro, oppur d'altro sale alcalino, attrarrà questo a sè poderosamente la sola acqua mescolata collo spirito; il quale essendo versato dolcemente in un altro vaso, si troverà rettificato e puro; e potrà ridursi alla massima purità possibile col riffondervi dell' altro sale, e ripetere la mentovata operazione. Con questo semplicissimo metodo si può rettificare lo spirito di vino senza assoggettarlo alla distillazione.

58. Le cristallizzazioni d'ogni sorta sembrano confermare questa medesima verità, imperciocchè per far sì, che il sal marino, per cagion d'esempio, comechè disciolto cento fiate nell'acqua, prenda costantemente la forma di piccioli cubi dopo seguito lo svaporamento, par assolutamente necessario che gli elementi, che lo compongono, attragghansi tra di loro in certi determinati modi, sicchè presentino gli uni agli altri costantemente la medesima figura. Così il nitro è formato da colonnette esagone, il sale ammoniaco da spigoletti, l'arsenico da ottaedri composti di otto piani triangolari; e ciò segue con siffatta regolarità, e costanza, che

desima natura. Bisogna avvertire però, che non tutt' i vini sono atti a questo esperimento, a motivo che parecchi s'incorporano talmente coll'acqua che non se ne possono più separare. Sicchè in lor vece potrebbe sostituirsi qualche altro liquore con cui l'acqua non avesse tanta affinità, oppure far uso soltanto dell' acqua e dell' olio.

60. Cotesta forza di attrazione, la cui esistenza vien chiaramente confermata da questi e da altri infiniti fatti che per brevità si tralasciano, dicesi *attrazione di coerenza*, la cui scoperta devesi intieramente al genio indagatore di Newton. Uopo è sapere, ch'essa conviene in particolar modo alle picciole particelle di materia allorchè sono in contatto, oppur vicine a tocccarsi; ed è maggiore o minore, date uguali le altre cose, a misura che si accresce, ovvero si diminuisce la quantità delle superficie, che sono in contatto, oppur prossime a quello; e poichè la quantità delle superficie, che scambievolmente si toccano, dipende dalla varia forma delle particelle, di cui un corpo si compone; essendo cotesta forma differente a tenore de' differenti corpi, ne siegue, che le parti di alcuni di essi debbono essere più fortemente aderenti, che quelle di altri. Così quei corpi, per cagion d'esempio, le cui particelle fossero cubiche, debbono essere più fermi e più consistenti di quegli altri, le cui particelle essendo sferiche, non si possono toccare, che in un solo punto. Quindi viene originato il vario grado di durezza, e di mollezza, di consistenza, e di fluidità di varj corpi, ugualmente che la loro diversa gravità specifi-

ca ed altre qualità analoghe alle medesime.

61. Inoltre siffatta forza non è uguale in tutte le particelle della materia, scorgendosi in alcune assai sensibile ed in altre debole a segno che non si manifesta, se non quando sono quelle vicinissime a toccarsi. Sì in queste però, che in quelle l'attrazione vedesi sempre scemare a misura che cresce la distanza. Prendansi di fatti varj tubi sottili di vetro di differente diametro, e si tuffino nell' acqua: si vedrà questa salire dentro a' tubi al di sopra del suo livello esteriore, e sollevarsi ad una maggiore altezza a proporzione ch' è minore il diametro della loro cavità. Oltrediche siffatta legge si ravvisa sensibilissima nell'esperimento di sopra accennato (§. 52) de' due pezzi di zughero galleggianti nel bicchiere, la cui celerità va crescendo a gradi, a misura che più si avvicinano scambievolmente. Pruovasi essa ugualmente col porre una goccia d'olio tra due lastre di vetro inclinate l'una all'altra in picciolissima distanza; vedendosi quella scorrere con una celerità maggiore secondoché più si va minorando l'intervallo frapposto tra le lastre suddette. E poichè i rammentati fenomeni riescono in simile guisa nel vuoto; e quello delle lastre, e de'tubi capillari non si altera in verun modo col cavarli fuor dell'acqua; si ha un chiarissimo indizio, che non possono esser prodotti nè dalla pressione del fluido stagnante, nè da quella dell'aria, che gli sovrasta, ma bensì da una forza attrattiva aderente al vetro.

62. Vuolsi seriamente badare d' esservi in natura alcuni corpi, ne'quali la forza attrattiva operando con grandissimo vigore a distanze

considerabili, viene a manifestarsi in una maniera sensibilissima. Tal è, per esempio, la calamita rispettivamente al ferro; e tali sono benanche i corpi elettrizzati, che hanno il potere di tirare a se quegli altri, che non sono tali. Queste sorte particolari di attrazione riguardansi da' Newtoniani come di specie diversa; e distinguonsi perciò col nome di *attrazione elettrica* e di *attrazione magnetica*, di cui si ragionerà a suo luogo.

63. Ad onta di tanti luminosi esperimenti, che provano ad evidenza la realtà dell' attrazione di coerenza dichiarata fin qui; e non ostanti le cose esposte ne' due paragrafi antecedenti, non è stato ancora possibile di rintracciar positivamente la legge, ond' essa opera. Certo si è, che nel punto del contatto ella supera di molto l' attrazione di gravità; e che lungi da quello si scema assai più, che nella ragione de' quadrati delle distanze; cosicchè per tal riguardo differisce ella dall' attrazione anzidetta, ossia dall' attrazione universale, mercè di cui i corpi attraggonsi scambievolmente a grandi distanze con forza tale, ch' è nella ragione inversa de' quadrati di quelle, siccome dichiareremo tra poco. E' sembrato a taluni che l' attrazione di coerenza sia nella ragione inversa de' cubi delle distanze divisate, dimanierachè scemandosi di 8 volte in una doppia distanza, si diminuisce di 27 in una distanza come 3; di 64 in una distanza come 4, ec.; tali essendo i cubi de' numeri 2, 3, 4, ec. V' ha però de' fenomeni, da cui apparisce non aver sempre luogo cotesta legge. Dal che parecchi han preso motivo di negare l' esistenza

dell' attrazione Newtoniana, siccome quella, che variando a guisa di Proteo, operar vedesi ora nella ragione inversa de' quadrati, or dei cubi delle distanze, ed ora finalmente, secondo altre ragioni differenti, che noi ignoriamo. A me sembra però che l' attrazione di coerenza benchè sia essenzialmente la stessa dell' attrazione universale a grandi distanze, vien di ragione modificata diversamente dalla varia figura delle particelle de' corpi. E come no, se due particelle di materia, supposte di figura sferica, non presentano vicendevolmente al contatto, che un punto solo; laddove due altre, supposte cubiche, ne presenteranno centinaja? Or non vi sembra ragionevole, che la forza di attrazione nelle prime debbasi manifestare di gran lunga men vigorosa, che nelle seconde, quando la massa di tutt' e quattro suppongasi uguale? Cosa v' ha dunque d' irregolare, e di straordinario nello scorgere queste attrarsi a maggior distanza, che quelle? Vedremmo per avventura le mentovate varietà ridursi a leggi sempre regolari, e costanti, qualora divenuti noi più veggenti, contemplar potessimo a bell'agio la differente forma delle particelle ne' corpi diversi. L' operar l' attrazione talvolta con ispeciali leggi a noi ignote, par di ragione stabilito per adempiere fini assai estesi, e sublimi. Ed in fatti non è da recarsi in dubbio, che dal vario grado di coerenza tra le particelle componenti de' corpi non solamente deriva il vario lor grado di densità, e durezza a pari circostanze (§. 60), ma eziandio parecchie altre loro qualità, e differenze specifiche. Per far dunque, che i corpi fossero di-

versamente densi, e varj nella specie, facea assolutamente mestieri, che le parti di ciascheduno si attraessero, e si tenessero insiem congiunte con varj gradi di forza; e quindi che vi fossero delle leggi speciali di affinità, e di attrazione. Durate voi forse alcuna fatica ad immaginare il gran disordine, che ne avverrebbe, se il formento, per cagion d'esempio, fosse ugualmente denso, e duro che il bronzo? se l'acqua, e l'aria avessero la densità del mercurio? se la densità, e la durezza de' muscoli, de' nervi, del sangue, e delle rimanenti parti del nostro corpo, e di quello degli altri animali, uguagliassero quelle del ferro? Gl' inconvenienti, che ne risulterebbero, sono atti a potersi concepire a primo lancio. Facea dunque mestieri, che campeggiassero dappertutto in natura coteste speciali affinità ed attrazioni, la cui esistenza, ed il cui esteso dominio, lungi dal doverci parere assurdo, ed irregolare, ci spigne piuttosto a farci aprire gli occhi, ed a farci ravvisare una sovrana sapienza, che con provvido e saggio consiglio ha disposto le cose in modo, che tutto concorra all' armonia, ed all'ottimo regolamento dell' universo. Oltreacchè essendo provvidamente ordinato in natura, che i corpi in essa esistenti soggetti fossero di continuo a soffrir de' cambiamenti, ed a formarsene sempre de'nuovi dalla scomposizione di altri (§. 22); facea certamente mestieri, che sussistessero tra i loro elementi alcune attrazioni speciali, per la cui forza associandosi scambievolmente quelli, che hanno tra loro una particolare analogia, si formassero quelle tali specie di sostan-

ze, cui fa d' uopo rimpiazzare nel vasto teatro del mondo.

64. Oltre alla forza di attrarre, scorgonsi alcuni corpi essere dotati di una certa forza ripulsiva, maggiore, o minore, secondo le circostanze. Così due corpi elettrizzati ributtansi a vicenda, ugualmente che i due diversi poli magnetici: una quantità di acqua non s' incorpora giammai con un' altra quantità di olio; ed in simil guisa una goccia d'acqua difficilmente si attacca alla superficie di un metallo ben levigato, e pulito, e molto meno ad un pezzo di cera, o di sego. Esponete varj ritagli di panni differenti all' aria aperta nel luogo stesso, in un mattino rugiadoso; e troverete, che alcuni di essi saran coperti intieramente di rugiada, laddove alcuni altri non ne avranno neppure un goccia sola: cosa, che succede ugualmente mettendo alla pruova differenti sorte di metallo. Ponete un ago sottile, e ben asciutto sulla supercie dell' acqua: la forza ripulsiva vedrassi operare in maniera, che allontanandosi l'acqua sensibilmente da' lati di quello, vi formerà una specie di solco intorno intorno, e l' ago vi si manterrà a galla: il qual fenomeno si renderà vieppiù sensibile dalla cavità rimarchevole, che si formerà tutt' all' intorno di una leggiera palla di legno, che poggiasse sull'acqua, oppur da quella, che forma il mercurio all' intorno di un pezzettino di ferro, che si faccia galleggiar su di esso. Immergete finalmente varj tubi capillari di vetro dentro il mercurio, e vedrete, che la colonna del medesimo contenuta nella cavità di quelli, si manterrà al di sotto della super-

ficie del mercurio, ch'è al di fuori; ed una tal differenza di altezze sarà sensibile a segno, che uguaglierà talvolta due linee a un di presso; facendosi maggiore a misura, che si scema il diametro de' tubi. Il qual fenomeno essendo intieramente opposto a quello, che ne' tubi stessi vien cagionato dall' acqua (§. 61), dà un ragionevolissimo motivo di doversi riconoscere come un effetto di una forza ripulsiva.

65. I Newtoniani sostengono, che cotesta forza ripulsiva incomincia immediatamente al di là della sfera, diciam così, dell' attrazione; e quindi che principia a manifestarsi tostochè cessa la forza attrattiva: e comechè vi sieno alcuni, i quali giudicano esser coteste due forze interamente diverse tra loro, vi sono però di quegli, a cui piace il credere esser elleno le medesime; e che la stessa forza attrattiva, che traendo da una parte, fa che due corpi si accostino a vicenda, traendo poscia più poderosamente dalla parte opposta, fa che si allontanino l' un dall' altro, manifestandosi così sotto l' aspetto di forza ripulsiva. Così l' argento, che sciolto dall' acqua forte, si manteneva per virtù di attrazione strettamente unito con quella, par che venga tosto rigettato, e precipitato al fondo del vaso, quando vi si versa del rame, da cui l' acqua forte viene attratta con forza maggiore (§. 56). Il potere attrattivo più sensibile tra le particelle del mercurio, che tra queste, e 'l vetro, rendendo convessa la cima della colonna di un Barometro (§. 52), fa sembrar che il mercurio sia poderosamente ributtato dal vetro. Or siccome nulla si sa di certo intorno alla ragione di sif-

fatte forze, contentiamoci di conoscerne gli effetti; e riguardiamo tutto il resto alla guisa di tante opinioni non ancora sodamente stabilite.

66. Ragionevolissimo è pertanto il supporre, che a coteste forze attrattiva, e ripulsiva, qualunque esse sieno, debbasi attribuire lo svaporamento de' fluidi; il bever che fa la radice i sughi nutritivi della terra, e quindi la loro salita sino alle più elevate cime degli alberi, e d' ogni sorta di vegetabili; la diffusione delle particelle odorose da' corpi odorati; lo slancio della luce da' corpi luminosi; la formazione de' cristalli di certe determinate forme; lo scioglimento, oppur l' unione di parecchie sostanze; le percipitazioni chimiche; ed una infinita varietà d' altri fenomeni, che sono forse i più maravigliosi della Natura, e i più profittevoli al genere umano. Da' medesimi principj si suol ripeter benanche da' Newtoniani la cagione della rarefazione della compressibilità, ed elasticità di varj corpi; dappoichè come potrebbero le parti di un corpo separarsi a vicenda, ed occupare un maggior volume, ed in qual modo le parti compresse di un altro ritornar potrebbero di bel nuovo nella loro situazione primiera senza l' ajuto di forze, che le obbligassero ad allontanarsi; e poi ad unirsi l' una coll' altra? Son questi peraltro fenomeni molto astrusi.

67. Per poco ch' altri rifletta al mentovato fenomeno de' tubi capillari (§. 61), ed alla particolare attrazione, che vien dimostrato esservi tra fluidi dello stesso genere dall' esperimento del §. 59, gli si aprirà un campo da poter concepire in qualche modo sì la grand'opera della separazione de' varj liquidi nel cor-

po animale, che quella della nutrizione. Il supporre, per esempio, che dal medesimo sangue, che circola in tutto il corpo, il fegato separi la bile, il pancreas l'umor pancreatico, le glandole dello stomaco il succo gastrico, le pituitarie il moccio, le parotidi la saliva, le sebacee un umore olioso, e così di mano in mano; perchè essendo le medesime conformate alla guisa di un filtro, lasciano passare soltanto a traverso della loro sostanza quelle particelle del sangue, il cui diametro non oltrepassa quello de' loro pori, è cosa molto poco soddisfacente; conciossiachè osservasi coll'esperienza, che la carta, per cagion d'esempio, i cui pori sono così larghi, che lasciano passar liberamente l'acqua, non permettono, che vi passi l'aria, siccome scorgesi mercè della macchina pneumatica. La carta, pe' cui pori liberi passa a stento la luce, rendesi trasparentissima tostochè quelli si riempiono d'olio. L'acqua, che trappela pe' finissimi interstizj di un masso di tufo, o di terra addensata, non trova un libero cammino dentro un tubo capillare di un diametro assai maggiore. Che però è più ragionevole, e più analogo all'esperienza il credere, che ciaschedung delle glandole imbevuta, o invernicciata, per così dire, dell'umore analogo a quello, che deve poi separare, fin dal punto della formazione del corpo, prosiegue in appresso ad attrar sempre dal sangue le parti dello stesso umore, lasciando passar liberamente le altre di diversa qualità, e natura; nella guisa appunto, che i tre lucignoli nell'esperimento del §. 59, comechè tuffati tutti e tre in un miscuglio di liquidi differenti, attraggono cia-

luno un solo, e particolar liquore, simi- a quello, di cui sono stati preventivamente ievuti. La qual cosa si rende vieppiù credi- dal rilevarsi da fatti assai ovvj, e variati un gran numero de' quali legger si può pres- Hallero), che tutti i diversi umori, i ali vengono separati nelle differenti parti del stro corpo, trovansi già preventivamente bel- e preparati nella massa del sangue. Vero e, che si potrebbe opporre a questa opinione, che non v' ha umore nel feto, il quale abbia le qualità, per esempio, di bile, di succo gastrico, saliva, e del resto de' fluidi, che vengon poi separati col crescer dell' età nelle varie glandole; ravvisandosi il tutto blando, acquoso, ed insipido: ciò però non distrugge quel che si è da noi stabilito, bastando unicamente, che la qualità di siffatti umori, quantunque blandissima, sia originalmente analoga a quella, che da quel tale organo devesi separare col tratto del tempo. Forse la figura, e la particolare conformazione de' condotti secretorj possono avere qualche influenza in siffatta operazione, del cui meccanismo, ch' è peraltro molto incerto, ed oscuro, si è cercato di rapportar qui la più plausibile opinione.

68. Corrispondentemente alle dottrine dichiarate di sopra vi è similmente gran ragione di credere, che la forza di attrazione contribuisca moltissimo a far sì, che le piccole boccucce de' vasi linfatici assorbiscano il chilo dagl' intestini alla guisa di tanti tubi capillari, per indi portarlo nel condotto toracico, e conseguentemente nel sangue per la vena suclavia;

il quale umore per via di una' infinità di altri piccioli vasellini va poscia a diffondersi, e ad inaffiare, se così mi è permesso di dire, tutte le varie parti del corpo.

ARTICOLO VII.

Della forza di Gravità, e delle sue leggi.

69. Siccome abbiam veduto fin qui, che le picciole particelle, onde compongonsi i corpi, attraggonsi a vicenda, qualora son vicinissime l' una all' altra, e prossime al contatto, così osservasi coll'esperienza, che i gran massi di materia, di cui si compone l' universo, si attraggono scambievolmente a distanze assai considerabili. Questa è quella che dicesi *attrazione di gravità*, riputata diversa dalle tre specie di attrazione fin qui rapportate. Siffatto meraviglioso potere, da cui dipende l' armonia di tutto l' universo, e d' onde deriva la massima parte de' portentosi fenomeni, che si manifestano alla giornata, fu ben conosciuto nella scuola di Anassagora, ugualmente che in quella di Democrito, e di Epicuro, ove s' insegnò asseverantemente la generale propensione della materia verso centri comuni: alla quale idea si uniformarono poscia Copernico, e Ticone. Fu ella però spinta più oltre dal sagace Keplero, il quale nudrì ferma opinione, che la detta universale forza attrattiva fosse reciproca in tutt' i corpi; e che quella del sole, e della luna si sporgesse fino alla terra, a segno che spiegò per virtù di essa il flusso, e riflusso del ma-

re, ed altri fenomeni di simigliante natura. Il signor de Fermat, Roberval, Bacone da Verulamio, ed altri non si dipartirono da cotal sentimento. Merita però, che si faccia su di ciò particolar menzione del signor Hook, letterato assai celebre dell' Inghilterra, il quale in una sua opera insigne pubblicata nel 1674, non solamente ragiona sulla forza di attrazione ne' termini più precisi e più chiari, attribuendola anche a' pianeti, che afferma perciò di attraersi scambievolmente; ma si avanza fino a dire, che siffatto potere si va scemando a misura che si accresce la distanza de' corpi, comechè non ancora gli fosse riuscito di determinare secondo qual proporzione si facesse un tale scemamento. L' investigazione di cotesta legge fu avventurosamente [illegible]ata allo spirito indagatore di Newton, mercè i cui lumi si è ella renduta una sorgente inesausta di tante altre scoperte, d' onde traggonsi alla giornata le conseguenze le più singolari, e nel tempo stesso le più conformi alle osservazioni.

70. Ove si ragioni della nostra terra, cotesta potenza di attrarre riguardasi come accumulata, per così dire, nel suo centro: quindi ne avviene, che tutt'i corpi lasciati liberamente cadere dall'alto, sforzansi tosto di scendere verso il centro di quella; e che i varj popoli della terra, ugualmente che le loro abitazioni, e tutti quegli altri corpi, che hanno per appoggio la sua superficie, mantengonsi fermi ne' loro siti, sì al di sotto, che al di sopra, e tutti all'intorno della medesima, senza esserne violentemente sbalzati via in forza del moto di ruotazione di quella. Da un simile principio,

cioè a dire dal considerarsi la gravità de' pianeti accumulata in un certo punto, ne nasce eziandio, che il sole, e i rimanenti corpi celesti, mantengonsi equilibrati nelle loro rispettive distanze; del che prenderemo in appresso opportuno motivo di ragionare. Qui però non tralasceremo di dire, che anche ne' gran massi di materia, i quali elevandosi notabilmente sulla superficie della terra, si discostano assai dal centro di quella, la forza di attrazione si manifesta a un grado sensibilissimo. Potrebbonsi rapportare in compruova di ciò le fondate conghietture de' signori Cavendisch, la Caille, Beccaria, Boscovick, ed altri celebri osservatori, relativamente alle alpi, a' pirenei, agli appennini, ec., ma stimo meglio di dedurle dalle osservazioni autentiche praticate nel 1737 da' signori de la Condamine, e Bouguer sulla montagna di Chimboraco nel Perù, la cui cima sollevasi dalla superficie terrestre per 2317 tese. Facendo eglino delle osservazioni sulle stelle con un quadrante di 2 piedi e mezzo, si avvidero in una maniera evidentissima, che il peso pel filo a piombo di quello, e conseguentemente il filo medesimo, deviava 8 secondi dalla perpendicolare, mercè la forza attraente del monte: il qual deviamento sarebbe stato anche maggiore, se il seno del detto monte non avesse contenuto una cavità enorme, per essere stato una volta la sede di un vulcano; imperciocchè quantunque la sua massa sia 7400 milioni di volte più picciola della massa terrestre, nondimeno però la distanza del filo a piombo dal suo centro di gravità era di gran lunga minore di quella che si frapponeva fra il filo medesimo e 'l

centro della terra. Il celebre dottor Makelyne, astronomo regio d'Inghilterra, essendo andato espressamente nella Scozia per fare delle osservazioni di tal natura sulla montagna di Schehallien, rinvenne chiaramente, che l'attrazione della medesima facea deviare il filo di sei secondi.

71. Cotesta forza di gravità è un attributo così universale della materia, che non v' ha particella della medesima, per picciola che sia, la quale ne sia sfornita; ond'è, che non solamente si smentisce la falsa opinione de' Peripatetici, i quali supponevano darsi in natura la *leggerezza* assoluta, o sia darsi de'corpi intieramente scevri di gravità, ma si deduce eziandio esser la detta forza proporzionale alla quantità della materia, altro non essendo la gravità di un corpo, se non se l' aggregato delle forze parziali, le quali competono ugualmente a ciascuna delle minime particelle, di cui egli si compone. Sì l' una, che l'altra verità, pruovansi ad evidenza colla macchina Boyleana. Ed in fatti v' ha cosa, che sembrar possa più leggiera della fiamma, e del fumo di una candela? Eppure, se messa una candela accesa in un recipiente della detta macchina, estrarrete l'aria da quella, vedrete, che la fiamma appianandosi si dirigerà verso giù; e quindi che smorzata la candela, il fumo invece di sollevarsi in alto, siccome fa nell' aria, cadrà immantinente su 'l fondo del recipiente: segno evidentissimo, che la fiamma, e 'l fumo tendono anch'essi, a simiglianza di tutti gli altri corpi, verso il centro della terra.

72. Che la gravità sia proporzionale alla

quantità della materia, sia pur qualunque il volume, oltre al riferito raziocinio, lo pruova chiaramente il seguente sperimento. Si adatti alla macchina pneumatica un recipiente, che abbia l'altezza di circa due piedi; e dopo di averne estratta l'aria per quanto è possibile, vi si faccian cadere nel tempo stesso da cima a fondo due corpi di peso e di volume differentissimo; quali sarebbero, per esempio, un pezzo di piombo, ed un pezzettino di carta. Osservando attentamente vedrete che cadranno entrambi colla stessa velocità, talchè giugneranno al fondo tutti e due nel medesimo istante. Affinchè cotesti due corpi tanto disuguali fra loro nella densità, e nel peso, cadendo dalla medesima altezza, abbiano potuto giugnere al fondo con ugual celerità, e nello stesso punto, ciascuna delle loro parti ha dovuto esser tratta giù ugualmente, ossia collo stesso grado di forza: ma il numero delle medesime è maggiore nel piombo, che nella carta: dunque la somma di tali forze, ossia la quantità totale della forza di gravità, ha dovuto esser maggiore in quello, che in questa. Supponendo in fatto, che nella carta vi fossero 4 particelle di materia, e nel piombo 50; se per trar giù il pezzo di carta vi sono bisognati 4 gradi di forza, è stato necessario d'impiegarsene 50 per trar giù il pezzo di piombo. Se dunque la somma delle forze impiegate per far discendere ciascuno dei detti corpi uguaglia in ciascheduno di essi la somma delle loro particelle, ossia la quantità della materia, egli è pur troppo evidente, che la forza di

gravità è sempre proporzionale alla quantità della materia.

73. Uopo è dunque riguardar la gravità come una forza, la quale operando di continuo ed ugualmente su ciascheduna delle minime particelle della materia, imprime a ciascuna di esse uguali gradi di velocità; dimanierachè le parti componenti di qualunque corpo cadente considerar si possono come distaccate l'una dall'altra: impercioccchè siccome nel caso, che fossero realmente tali, scenderebbero tutte colla medesima velocità, così essendo strettamente unite insieme, sono eziandio ugualmente veloci. Dal che deriva, che la velocità, ovvero la propensione a cader giù, impressa ai corpi da cotesta forza, non ha veruna dipendenza dalla grandezza di quelli; e quindi ch' è uguale sì nelle grandi, che nelle picciole masse.

74. Che se poi scorgesi alla giornata, che diversi corpi lasciati liberamente cadere dall'altezza medesima, non arrivano tutti giù nel tempo stesso, ciò nasce unicamente dalla resistenza dell'aria, ch'essi debbono superare nella loro discesa; la quale resistenza essendo rispettivamente minore a misura che la massa del corpo è maggiore sotto lo stesso volume; ne siegue, che un corpo più pesante di un altro, quantunque di ugual volume, giugne a terra prima di quello, comechè siensi fatti scendere ambidue dall' altezza medesima. Così d'altra parte essendo maggiore la resistenza, che si presenta ad un corpo, il quale abbia maggior volume di un altro, quantunque sieno eguali di peso; ne avverrà, che il corpo più voluminoso arriverà giù più tardi di

quello che ha minor volume. Non è dunque perchè le intrinseche velocità di cotesti corpi sieno disuguali, ma è il vario grado di resistenza, ch' essi incontrano, ciò che li fa discendere in tempi disuguali. Nè è cosa difficile l'intenderne la ragione, qualor si rifletta, che la quantità di moto di un corpo, ossia l'impeto, mercè di cui supera egli la resistenza, che se gli oppone, è il prodotto della propria massa per la sua velocità, come dimostreremo in appresso; ond' è poi, che date in due corpi le velocità uguali, quello di maggior massa avrà una maggiore quantità di moto, e conseguentemente farà uno sforzo più efficace per vincere la resistenza dell' aria, cosicchè giugnerà a terra più prontamente. Per la ragione medesima avendo un corpo maggiore volume di un altro, ma ugual massa con quello; quando le velocità sieno uguali in ambidue, si uguaglieranno eziandio le loro quantità di moto; ma il più voluminoso poggiando su di un maggior volume di aria, avrà maggior resistenza da superare, e quindi arriverà a terra più tardi.

75. Dalle cose dichiarate nel §. antecedente può rilevare il suo errore chiunque dall' aver veduto, che una libbra di piombo, per esempio, ed un pezzettino di carta, cadono con ugual velocità sul fondo d'un recipiente vuoto nella macchina pneumatica (§. 72), si fosse immaginato, che siffatti due corpi dovrebbero produrre perciò il medesimo effetto in virtù della loro percossa. Imperciocchè quantunque le velocità sieno uguali in ambidue, pure la quantità di materia essendo assai maggiore in

una libbra di piombo, che in un pezzettino di carta; la quantità di moto di quella dev' essere molto maggiore della quantità di moto di questo, e quindi i loro effetti debbono esser diversi, dimanierachè la libbra di piombo sarà valevole a sfrantumare cadendo una palla di vetro, o altro corpo simigliante, il quale non sarà in verun modo danneggiato dalla carta.

76. Essendo la forza di gravità, siccome abbiam detto (§ 70), quasichè accumulata nel centro della terra, d'onde poi si diffonde tutta intorno secondo la direzione di altrettanti raggi tirati dal centro stesso; ne siegue per conseguenza, che tutt' i corpi, i quali facciansi cadere liberamente dall' alto, vengono giù in direzioni perpendicolari alla superficie terrestre, tale essendo la direzione de'raggi prolungati al di là della superficie medesima, siccome apparisce dalla qui annessa figura. Questa verità, ch'è fondata sulla supposizione di esser la terra perfettamente sferica, ha bisogno di qualche modificazione, su 'l riflesso, ch' essendo la terra uno sferoide schiacciato ne' poli, e sollevato nell' equatore, siccome osserveremo a suo luogo; cotesti raggi perpendicolari alla sua superficie non si vanno a riunir tutti nel centro mentovato. Avuto però riguardo alla picciolezza di siffatta differenza, i Fisici senza tema di errare, si valgono comunemente della supposizione della perfetta sfericità del nostro globo.

Tav. I. Fig. 2.

77. Lo stabilimento di questa verità ne trae seco un' altra per legittima conseguenza, qual è quella, che la forza di gravità è nella ragione inversa del quadrato delle distanze; che val

quanto dire, ch' ella si va scemando a misura che cresce la distanza dal centro attraente, moltiplicata per se medesima. Quindi è, che un corpo, il quale alla distanza, per esempio, di un piede, era tratto con 24 gradi di forza; viene solamente tratto colla quarta parte di detta forza alla distanza di due piedi; colla nona parte alla distanza di tre piedi; e colla sedicesima alla distanza di quattro piedi; essendo 4 il quadrato di 2; 9 il quadrato di 3; e 16 quello di 4. Su questo fondamento calcolò il Newton, che un corpo, il cui peso sulla superficie della nostra terra fosse di 3600 libbre, non peserebbe che una libbra sola nella luna, la cui distanza dalla terra è di 60 semidiametri terrestri; e quindi che il detto corpo lasciandosi di là liberamente cadere, sul bel principio del suo movimento discenderebbe per tanto spazio in un minuto primo, quanto ne scorrerebbe in vicinanza della terra nell' intervallo di un secondo. Questa è la legge, con cui veggonsi scemare tutte quelle virtù, che a guisa di tanti raggi diffondonsi all' intorno da un centro verso di una circonferenza, siccome si avvera nella luce, nel calore, nel suono, negli odori, ed in altre qualità sensibili di simigliante natura. Ed in fatti, facendosi i raggi più divergenti a misura che si allontanano dal centro; una forza, che nella direzione di quelli si diffonde, dev' esser più concentrata e più vigorosa in una picciola sfera, che in una maggiore. Ma le superficie delle sfere sono come i quadrati de' loro raggi; dunque la detta forza sarà più dispersa, e conseguentemente la sua efficacia si renderà minore, a misura che

crescerà il quadrato del raggio, ossia della distanza dal centro della sfera; che val quanto dire, che sarà nella ragione inversa del quadrato della distanza medesima. Tuttociò si renderà più manifesto dall' annessa figura, in cui supporremo, che F A G rappresenti una porzione di cotesta forza, diffusa alla guisa di un cono dal centro A. E' chiaro, che l' energia della medesima nelle distanze AB, AD, AF, sarà inversamente come le superficie B *a* C, D *b* E, F H G; scorgendosi ad evidenza, che i raggi A F, A I, A H, A K, A G, per cui ella si diffonde, sono più addensati, ossia poco divergenti in B C, un poco più in D E, ed assai più in FG. Ma siffatte superficie sono come i quadrati de' loro diametri, oppur de' loro raggi A *a*, A *b*, A H, che rappresentano le distanze dal centro A; dunque non v'ha dubbio, che la mentovata forza sia nella ragione inversa de' quadrati delle dette distanze.

Tav. I. Fig. 2.

78. Riguardo poi alla gravità di quei corpi, che trovansi internati nel nostro globo, in qualsivoglia punto tra la sua superficie, e 'l centro, si è dimostrato da Newton, che la detta forza è in ragione diretta della distanza dal centro; vale a dire, che va scemando nella ragione del raggio; dimodochè supponendo, che il semidiametro terrestre sia di 4 mila miglia; una palla di cannone, il cui peso fosse di 36 libbre sulla superficie della terra, non ne peserebbe che 18 alla profondità di 2 mila miglia, e soltanto 9 nella distanza di mille miglia dal centro, ove giunta resterebbe affatto priva di gravità. La ragione di ciò si è, che a misura che un corpo si va internando den-

tro la terra, gli strati terrestri, che gli sovrastano, non hanno più veruna azione sopra di esso per trarlo giù; sicche scemandosi la massa della materia attraente, viensi a scemare parimenti la forza della gravità.

79. Non ostante però la diminuzione della gravità al di sopra della superficie a misura che si accresce il quadrato delle distanze; quando si tratta di distanze poco considerabili, come di uno, o due miglia, attesa la grande sproporzione, che v' ha fra cotesto intervallo, e 'l semidiametro terrestre, si suppone generalmente da' Fisici senza tema di errare, che la gravità de' corpi sia la medesima in tutt' i punti frapposti tra la detta distanza, e la superficie della terra. Sulla qual supposizione sono fondati parecchi Teoremi, che riguardano le leggi della caduta de' gravi, siccome osserveremo a miglior luogo.

80. Vuolsi badare a non confondere la gravità di un corpo col suo peso, per esser quella non altro, che la forza, onde quel tal corpo è tratto giù verso il centro terrestre, sia qualunque il numero delle sue parti; e questo la somma delle parti della sua massa, su cui la detta forza esercita il suo potere. Molto meno vuolsi confondere il peso colla propensione, che ha il corpo di scendere verso il centro terrestre, ch' è un effetto della gravità. Come in fatti una palla di cannone di una libbra ha 12 volte più di peso, che un' altra simile palla di un' oncia, ma non perciò la propensione, onde la prima è sollecitata a cader giù, è maggiore di quella della seconda (§. 73), siccome falsamente immaginò Aristotile; giacchè abbiam

veduto (§. 72), che giusta la famosa scoperta di Galilei, l'effetto della gravità è lo stesso sì ne'corpi grandi, che ne' piccoli, cadendo tutti con ugual velocità, qualora sien tolte le resistenze. Ora il peso di un corpo risultando dal numero delle sue parti (ossia dalla quantità di materia), e dalla somma delle velocità, che competono a ciascheduna di esse; ne siegue essere egli uguale allo sforzo, che convien fare acciocchè il corpo non ubbidisca alla sua gravità; e poichè la velocità prodotta dalla forza di gravità è uguale in tutte le parti della materia ugualmente distanti dal centro terrestre; un tale sforzo sarà proporzionale alla sola quantità della materia. Dunque il peso dovrà esser benanche proporzionale alla medesima, e si potrà nelle occorrenze sostituire a quella. Ognun comprende, che qui si è inteso di ragionare della gravità assoluta; imperciocchè trattandosi della relativa, ossia della *gravità specifica*, che caratterizza certe date specie di corpi, a cui particolarmente compete, non v'ha dubbio, che la medesima non differisce dal peso, siccome quella, che a tenore di ciò, che si è dichiarato ne' §§. 36 e 41, dipende dalla densità di que' tali corpi in un determinato volume; che val quanto dire dalla quantità di materia. Come in fatti qualor si dice, che la gravità specifica dell'acqua è a quella del mercurio come 1 a 13 $\frac{1}{2}$ a un di presso, altro non si vuol intendere, se non che, se un pollice cubico d'acqua ha il peso di un'oncia, un pollice cubico di mercurio pesa 13 oncie e mezza, presso a poco.

81. Il procedere più oltre nell' investigazio-

ne di ciò, che vedesi seguire in natura per virtù della gravità, richiede che si abbiano preventivamente alcune cognizioni riguardanti il moto; e perciò il giusto ordine ricerca, che si differisca di ragionarne a miglior luogo. L'unica cosa, cui conviene osservare prima di lasciar questo soggetto, si è, che gli esperimenti finora praticati non giungono a decidere, se la gravità sia una forza intrinseca al corpo, come sembra più verisimile, oppur venga originata da cagioni esteriori. La setta de' Gassendisti, seguendo le antiche tracce di Democrito, Leucippo, ed Epicuro, si attenne francamente al partito di riguardar la terra qual calamita di enorme grandezza, la quale mercè d'un immenso numero di piccioli atomi adunchi, che immaginò diffondersi dal suo seno, traesse a sè con gran forza ogni sorta di corpi. Una idea però, fondata intieramente su di una semplice immaginazione, aver non potea a' tempi nostri un numeroso stuolo di seguaci, e quindi andar dovea immancabilmente in disuso. La scuola Cartesiana tien ferma opinione d'esser la gravità l'effetto di un vortice enorme di fluido sottilissimo, il quale movendosi rapidamente intorno alla nostra terra giusta la direzion dell'equatore, spigne i corpi a sè sottoposti, ed in esso racchiusi, con notabile forza verso il suo centro, siccome credono avvenir di fatti alle bolle di aria, o ad altri corpi leggeri, collocati entro un globo di cristallo ripieno di acqua, i quali nell'atto che fassi quello rapidamente girare intorno a se stesso, veggonsi tratti ad occupare il suo centro. Altri Fisici all'opposto considerando seriamen-

te, che l'esistenza del preteso fluido cartesiano è del tutto ipotetica (§. 18); e che quand'anche realmente esistesse nel modo immaginato, neppur dovrebbero i corpi tendere al centro della terra; giacchè nel rammentato esperimento del globo di cristallo i corpicciuoli ivi racchiusi vansi tutti a collocare lungo il suo asse, e non già nella direzione del centro, cui costantemente sieguono i gravi; son portati a credere, che i medesimi tendono a cader giù in forza d'una legge naturale provvidamente stabilita dal sapientissimo Autore dell'universo, senza di cui sarebbero eglino efficacemente sbalzati lungi dal loro centro, e quindi dispersi qua e là senz'ordine, e senza regola, per virtù della forza centrifuga, originata dal moto della terra. Or comechè siffatta opinione sia certamente fra tutte la più verisimile, volendo parlar tuttavolta con ingenuità filosofica, uopo è confessare, che siamo affatto all'oscuro intorno alla vera natura di cotesta forza; e che i più sublimi Filosofi non sono su di ciò più veggenti del volgo. Di fatti il gran Newton non osò giammai di dichiarare il suo sentimento intorno a tal punto, contentandosi di aver conosciuti gli effetti della forza in questione, e di aver felicemente indagate le leggi, onde essa li produce.

LEZIONE II.

Su 'l moto.

82. Altro non si è fatto fin qui, se non se richiamare ad un breve esame quelle tali proprietà, le quali convenendo universalmente alla materia, faceva assolutamente mestieri, che se ne acquistasse una giusta idea, per ben intender le dottrine che sarem per esporre. Facciamoci ora a considerare un poco quelle leggi ammirabili, mercè di cui la materia provveduta delle anzidette proprietà cagiona l' infinita e stupenda serie di que' fenomeni, che ci fanno scorgere l' ordine sapientissimo, e la regolar connessione fra tutto ciò ch' esiste nell' universo. E poichè tutte siffatte cose vengonsi ad eseguire in virtù del moto, ragion vuole, che il nostro esame prenda da esso il suo cominciamento.

ARTICOLO I.

Del movimento in generale, e delle sue diverse specie.

83. Egli è affatto inutile il porsi a rifiutare gli argomenti di Diodoro Crono, oppur di Zenone, i quali facendo pompa di studiati sofismi, sforzaronsi di provare la non esistenza del moto; essendo noi generalmente persuasi, che i corpi *passando successivamente per diverse parti dello spazio, trasferisconsi realmente da un luogo in un altro*. Questo è ciò,

che dicesi *movimento*. Per potersi formare una giusta idea della sua natura, uopo è considerarlo sotto due aspetti diversi, cioè a dire nella natura dello spazio, che viene scorso dal mobile, e nel rapporto di siffatto spazio al tempo, che il mobile impiega nello scorrerlo. Avendo riguardo alla natura dello spazio, può il medesimo rappresentare una linea retta, oppure una curva; e quindi nasce l'idea del moto *rettilineo*, ovver del *curvilineo*, secondochè il mobile si concepisce scorrere per uno spazio, che rappresenta una linea retta, ovvero una curva. Se poi si badi al rapporto, che lo spazio corso dal mobile ha al tempo, che vi ha quello impiegato nello scorrerlo, si avrà l'idea del moto *uniforme*, o sia *equabile*, e del moto *difforme*, ossia *variabile*. Si dirà uniforme, quando il mobile descriverà spazj uguali in tempi uguali; laddove si dirà variabile nel caso che il mobile scorra, per esempio, in un istante maggior quantità di spazio, che in un altro. Il moto dell' indice de' minuti di un oriuolo, che suppongasi avanzare esattamente, riputar si dee uniforme, siccome quello che impiega sempre l' intervallo d' un' ora per descrivere l' intiero giro del quadrante. Al contrario il moto di una nave, nell' atto che la forza del vento, che la spigne, si va scemando a gradi, dicesi variabile; imperciocchè se nell' intervallo della prima ora avrà scorso lo spazio di cinque miglia; nella seconda ora, e nella terza, non ne scorrerà, che uno, o due.

84. Questa varietà di movimento può farsi in due maniere; cioè a dire, o perchè il mobile impiega maggior tempo nello scorrere la

stessa quantità di spazio, che ha scorso nel primo istante, o perchè impiega tempo minore. Nel primo caso il moto si dirà *ritardato*, e nel secondo *accelerato*: e siccome siffatta diminuzione, oppure siffatto accrescimento di celerità, far si possono in una maniera uniforme; così il movimento dirassi *uniformemente ritardato*, o *uniformemente accelerato*.

85. Dal rapportare la quantità dello spazio scorso al tempo impiegato nello scorrerlo, nasce l' idea della *velocità*, dicendosi, che un corpo è più veloce di un altro, per aver quello impiegato minor tempo di questo per iscorrere lo stesso spazio. La velocità dunque si può definire, *essere una proprietà del moto, mercè di cui un corpo scorre un dato spazio in un dato tempo*.

86. Siccome la miglior maniera per concepire il tempo si è quella di ridurlo alla considerazione del moto, così tra le varie spezie di movimento, il moto equabile è quello, che ci rappresenta nella maniera più naturale non men l'idea del tempo, che l'esatta sua misura, siccome quello che si concepisce scorrer sempre equabilmente.

87. Oltreacchè porta qui il pregio di osservare, che il moto equabile vien cagionato da un solo e semplice impulso; qual sarebbe, per esempio, quello della polvere accesa in un cannone, per virtù del cui impeto la palla spinta fuori si muoverebbe con moto equabile, nel caso che si rimuovessero tutti gli ostacoli e la palla stessa fosse priva di gravità. Il moto accelerato per lo contrario vien prodotto da un impulso, che prosiegue costantemente ad operare

su 'l mobile; com'è appunto la mentovata forza di gravità, siccome osserveremo in appresso.

88. V'è finalmente un'altra maniera di poter considerare il moto; e questa consiste o nell' aver riguardo unicamente al luogo assoluto, che dal corpo si occupa, o nel paragonare un tal luogo con quello, che si occupa da un altro corpo. Da questi due differenti riflessi viene originata la divisione del moto in *assoluto*, e *relativo*. Un uomo, per esempio, ch' è a bordo di una nave, che veleggia, dicesi muoversi assolutamente, se si badi soltanto al luogo, che la nave, in cui egli si ritrova, va cambiando in ogn' istante, laddove si dice muoversi relativamente, qualora si rifletta alla distanza, che va di mano in mano crescendo, o scemando, tra il luogo, in cui egli è, e gli oggetti, che stanno sul lido. Quel che si è detto del moto, intender si dee parimente della quiete, che dicesi in simil guisa *assoluta*, o *relativa*; e che combinata col moto delle stesse denominazioni, ci offre delle nozioni più particolari, riguardanti la dottrina, di cui si ragiona. Di fatti un uomo, che stia seduto dentro di una carrozza tirata attualmente da cavalli, comechè stia in riposo rispettivamente alle parti della carrozza, si muove però assolutamente, passando di continuo da una parte dello spazio in un' altra. Questo è lo stato di coloro, che trovansi seduti sulla terra: sono eglino relativamente in riposo, nell' atto che muovonsi assolutamente per cagion del sito, che la terra fa loro cambiare nel vasto spazio mondano per virtù del suo giornaliero, ed annuo movimento. Colui d'altra parte, che si po-

nesse a viaggiare dall'Occidente verso l'Oriente, verrebbesi a muovere non meno assolutamente, che relativamente; imperciocchè nell'atto ch' egli cangierebbe luogo in rapporto agli oggetti terrestri col suo moto particolare, muterebbe anche il luogo assoluto per cagion del moto della terra secondo la stessa direzione. Finalmente se potesse scorrere il terrestre equatore nello spazio di un giorno, andando da Levante verso Ponente, e non avesse la terra, che il suo moto diurno: starebbe egli assolutamente in riposo, e si muoverebbe con moto relativo; conciossiachè quantunque muterebbe sempre luogo per rapporto agli oggetti terrestri coll'andar da Levante verso Ponente, pure aggirandosi la terra con moto contrario nello stesso intervallo di 24 ore, non gli farebbe giammai cambiare il luogo assoluto.

89. E' cosa agevolissima il dedurre alcune altre interessanti conseguenze dalle idee del moto relativo. Può un mobile, considerato rispettivamente ad un altro, muoversi o secondo la medesima direzione con quello, o secondo direzioni contrarie. Sì nell'uno, che nell'altro caso, non si può percepire da noi la vera velocità; giacchè nel primo si percepisce soltanto la differenza, che passa tra la velocità dell'uno, e quella dell'altro; nel secondo si percepisce la somma di ambedue. Questa è la ragione, per cui la velocità relativa dicesi anche *apparente*, a differenza dell'assoluta, che si denomina velocità *vera*. Per rischiarare questa verità con un esempio, supponghiamo, che due amici partano contemporaneamente da Napoli per andare a Portici in due differenti car-

rozze, una delle quali essendo più veloce, scorra lo spazio di cinque miglia in un' ora, e l'altra quello di tre. E' chiaro, che rapportando il moto della prima carrozza a quello della seconda, colui, ch' è dentro la prima, non si accorgerà di avere scorso cinque miglia a capo di un'ora, nè quegli, ch' è nella seconda si accorgerà di averne scorso tre; ma l'uno, e l'altro percepiranno soltanto la differenza di due miglia, che passa tra le loro velocità, che val quanto dire, che la persona della prima carrozza si accorgerà di aver preceduto di due miglia la carrozza, che gli vien dietro; e la persona della seconda di essere discosta due miglia dalla prima. Dal che apparisce, che la velocità relativa di due corpi, che si muovono secondo la stessa direzione, si percepisce sempre minore della vera.

90. Nel caso poi, che la detta differenza di velocità non ci fosse, i due corpi in movimento, i quali si rapportano l'uno all'altro, sembrerebbero a vicenda di essere in riposo. Questo è il caso di due carrozze, oppur di due navi, che colla stessissima velocità procedono innanzi, l'una accanto all' altra, secondo la medesima direzione. Similmente due persone, che fossero racchiuse in una carrozza, o in una nave, senza risguardare gli oggetti esteriori, crederebbero di stare in riposo, quantunque la nave, o la carrozza si muovesse velocemente. Questa è finalmente la ragione, per cui quantunque la terra si rivolga costantemente intorno al suo asse nello spazio di 24 ore, pure non ci accorgiamo del suo movimento; imperciocchè facendo noi parte della terra, ed es-

sendo trasportati all' intorno colla medesima, non v' ha tra essa e noi veruna differenza di velocità; e quindi possiam dire di essere in un relativo riposo.

91. Per lo contrario se una delle mentovate carrozze partendo da Portici, e l' altra da Napoli, andassero all'incontro l'una dell'altra colle supposte velocità di 5, e di 3 (§. 89); ad ambidue coloro, i quali troverebbonsi dentro coteste carrozze, apparirebbe di muoversi colla velocità di otto, ch'è la somma di tutt' e due le velocità. Ciocchè fa vedere, che la velocità relativa di due corpi, che si muovono in direzioni contrarie, comparisce sempre maggiore della vera. Ecco la ragione, per cui passando talvolta in carrozza a lato di un' altra, che si muove in direzione opposta, ci sembra, che quella corra assai velocemente; ond'è, che per avere la velocità vera della medesima, convien sottrarre dalla velocità d'entrambe quella della nostra carrozza. In simil guisa correndo contro il vento, ch'altro non è, che un volume d'aria in moto; oppure navigando verso il Nord quando la marea corre verso il Sud, risentiamo la loro velocità, e la loro forza assai maggiori di quelle che sono in realtà. Abbiasi dunque per fermo, che la velocità vera e reale non si può giustamente da noi percepire, se non quando siamo in un assoluto riposo.

ARTICOLO II.

Del moto equabile, ossia uniforme.

Tra le varie specie di moto antecedentemente annoverate, il movimento equabile, ossia uniforme è il più semplice fra tutti variando gli altri in infinite maniere a norma della diversità delle circostanze. Uopo è riflettere però che il moto medesimo quantunque si concepisca agevolmente col mezzo della immaginazione, non siegue forse giammai in natura, a cagione del gran numero, e della gran varietà degli ostacoli, che tendono a disturbarlo di continuo. Ciò non ostante porta il pregio di rapportare qui alcuni pochi teoremi, che lo riguardano, i quali esser possono, anzi sono effettivamente, di grandissimo uso, in parecchie occorrenze.

93. Il primo di cotesti teoremi si è, che nel movimento uniforme il tempo si accresce a misura che si aumenta lo spazio; laddove si diminuisce a misura che cresce la celerità. Dal che ne siegue, che in siffatto moto *il tempo è nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall' inversa della celerità.*

94. Il secondo teorema è questo. La velocità si aumenta a misura che si aumenta lo spazio, ma si scema con accrescere il tempo: dunque nel moto uniforme *la velocità é nella ragion composta dalla diretta dello spazio, e dall' inversa del tempo.*

95. Finalmente l'ultimo teorema si è, che

lo spazio si accresce sì per virtù dell'aumento del tempo, che di quello della velocità. Per la qual cosa lo *spazio* riputar si dee *nella ragione composta dalla ragione diretta non meno del tempo, che della velocità.*

96. Quindi ne siegue per legittima conseguenza, 1°. che movendosi due corpi uniformemente durante lo stesso intervallo di tempo, gli spazj da essi descritti saranno nella ragione delle loro velocità; talmentechè correndo due cavalli con moto uniforme per lo spazio d'un'ora, ed uno di essi andando con sette gradi di velocità, e l'altro con cinque; il primo scorrerà sette miglia, e l'altro ne scorrerà cinque.

97. In secondo luogo, nel caso, che due corpi, procedendo con moto uniforme, abbiano la medesima velocità, gli spazj, che da essi si trascorreranno, saranno tra loro come i tempi. Ciò è il rovescio dell'antecedente; ed è facile l'adattare ad esso l'esempio rapportato.

98. In terzo luogo finalmente, se due corpi trascorrano lo stesso spazio con moto uniforme, i tempi, che v'impiegheranno, saranno nella ragione inversa delle loro velocità. Così nel caso, che due cavalli correndo uniformemente, corrano ambidue lo spazio di venti miglia; e la velocità di uno sia a quella dell'altro come 3 a 4, il primo v'impiegherà l'intervallo di quattr'ore, l'altro quello di tre.

99. Dalle quali cose si deduce, che qualora sieno date due delle rapportate quantità, che abbiam detto esser lo spazio, il tempo, e la velocità, ci viene ad esser nota anche la terza. Supponendo dunque in primo luogo, che il tempo, e la velocità fossero già noti, basterà

moltiplicare l'un per l'altro, per avere lo spazio espresso dal prodotto. Così, dato che uno de' due cavalli abbia corso pel tratto di due ore colla velocità come 4, e l'altro abbia corso per tre ore colla velocità come 6, lo spazio corso dal primo sarà di otto miglia, e quello del secondo di 18; tali essendo i prodotti di 2 per 4, e di 3 per 6.

100. In secondo luogo, essendo dato lo spazio, e data la velocità, si fa noto il tempo con dividere i due dati l'un per l'altro. Due cavalli, che sappiamo aver corso, uno lo spazio di 8 miglia colla velocità come 2, e l'altro lo spazio di 18 miglia colla velocità come 3; dividendo 8 per 2, e 18 per 3, si troverà, che il primo ci avrà impiegato l'intervallo di quattro ore, e l'altro quello di sei; tali essendo i quozienti di 8 diviso per 2, e di 18 diviso per 3.

101. Essendo dati in ultimo lo spazio, ed il tempo, si fa nota la velocità col dividere l'un per l'altro. Che però se un corriere abbia corso 50 miglia nello spazio di cinque ore, ed un altro 48 miglia nell'intervallo di sei ore, segno è, che il primo ha corso colla velocità come 10, e 'l secondo colla velocità come 8; essendo 10 il quoziente di 50 diviso per cinque; ed 8 il quoziente di 48 diviso per sei.

ARTICOLO III.

Delle forze motrici, e della maniera di misurarle.

102. Tutte le mentovate sorte di movimenti vengono a prodursi per virtù di una certa forza (sia qualsivoglia la cagione, che la produ-

ce), mercè di cui i corpi, che la posseggono, o superano la resistenza, che loro si oppone, o premono soltanto contro gli ostacoli qualora i medesimi sono invincibili. Nel primo caso la forza si rende manifesta per via del moto, ch' eccita ne' corpi; ma nel secondo, quantunque siffata forza sollecitando continuamente i corpi a muoversi, ecciti in ogn' istante una velocità infinitamente picciola, che può chiamarsi elementare, pur tuttavolta vien la medesima immediatamente estinta da un ostacolo, che non si può in verun modo da quella superare. Quest'è il caso, per esempio, di una lumiera, che stia sospesa alla soffitta di una galleria, oppur di un mazzo di carte, che stia sopra di un tavolino. L' una e l' altra vengono continuamente forzati a cader giù dalla forza di gravità; ma le impressioni di questa forza vengono incessantemente contrastate e distrutte dal cordone, che tien sospesa la lumiera; e dal tavolino, su cui poggia il mazzo di carte. Non potendo dunque siffatta forza produrre alcun effetto sensibile, se le dà con ragione il nome di *forza morta*. Fate, che si recida il cordone, e che si distrugga (supponghiam così) il tavolino; sì la lumiera, che il mazzo di carte, cadranno giù immediatamente; e la forza, da *morta* ch' ella era, producendo sensibilmente il suo effetto col porre que' tali corpi in moto, si convertirà in *forza viva*, il cui valore, ugualmente che quello della forza morta, calcolar si dee con moltiplicare la massa del corpo, che la possiede, per la velocità, con cui si muove, oppur tende a muoversi. Questo è stato sempre il sentimento di tutt' i Fisici, su'l

riflesso, che la forza, di cui si ragiona, altro effetto non produce, se non se quello d'imprimere al corpo, in cui si trasfonde, un certo grado di celerità: e poichè il medesimo in ciascheduna delle minime particelle, onde il corpo è composto, ugualmente si distribuisce, e si diffonde, com' è naturale l' immaginarlo; chiaro si scorge, che l'effetto divisato, e quindi la cagione, che lo produce, misurar si dee con moltiplicare la velocità di cotesto corpo pel numero delle sue parti: che val quanto dire, per la sua quantità di materia.

103. Non fu questa però l'opinione del sagacissimo Leibnizio, il quale avendo immaginata la riferita distinzione tra le forze morte, e le vive, fu il primo a dichiarare, che quantunque le prime calcolar si dovessero moltiplicando la massa per la semplice velocità, ossia per la velocità *iniziale,* facea d' uopo nondimeno, che le seconde si valutassero con moltiplicare la massa pel quadrato della velocità; tale essendo il risultato, che si avea da indubitati esperimenti. Ed in fatti facendosi un corpo cader liberamente nel vôto, acquista una velocità tale nel fine della sua caduta, che in forza della medesima potrebbe risalire alla stessa altezza, da cui è disceso. Or poichè coteste altezze sono tra loro come i quadrati della velocità, siccome farem vedere in appresso aver dimostrato il Galilei; uopo è affermare, dice Leibnizio, che le forze, da cui un tal effetto vien prodotto, sieno eziandio nella medesima ragione.

104. Oltreacciò, lasciando da parte tutti gli altri esperimenti di tal genere, che sono ben

molti, rapporterò soltanto quello, che fu praticato dal degnissimo mio precettore il defunto Marchese Poleni, valorosissimo difensore di siffatta opinione. Se vi sieno due globi di ugual volume, uno de' quali avendo la massa come 1, facciasi cadere dall' altezza di quattro piedi, e l'altro, la cui massa sia come 4, si faccia cadere dall' altezza di un piede (tutt' e due al di sopra di una sostanza cedevole, qual sarebbe, per esempio, il sego), vi formeranno due fosse perfettamente uguali tra loro; ciocchè non dovrebbe seguire, dicea egli, se le loro forze calcolar si dovessero per le semplici velocità moltiplicate per le masse. Imperciocchè essendo le velocità come le radici delle altezze, siccome dimostreremo a miglior luogo; la velocità acquistata dal primo globo sarà come 2 (radice di 4), e quella del secondo sarà come 1 (radice di 1). Ora il prodotto di 2 per 1 (che sono la velocità, e la massa del primo globo) non è uguale al prodotto di 1 per 4 (velocità, e massa del secondo); laddove per lo contrario i mentovati prodotti saranno uguali, se invece di adoperare nella moltiplicazione le semplici velocità, si faccia uso del quadrato di quelle.

105. Ecco impertanto due partiti in campo, ne' quali essendoci impegnati soggetti di gran valore sì dall' una, che dall'altra parte, ne venne originata un' aspra contesa, ch' è durata pressochè per lo spazio di un secolo, e si sono scritti tanti volumi, che il leggerli anche alla sfuggita richiederebbe gran tempo. Sono degne di essere esaminate tra le altre le dissertazioni del celebre Eulero, che trovansi inserite

nelle Memorie dell' Accademia di Berlino, e quelle, che scritte da varj celebri Autori, veggonsi registrate nelle Transazioni Anglicane, e nelle Memorie dell' Accademia delle Scienze di Parigi. E quantunque siasi creduto, che una disputa di questa sorta abbia fatto vergogna alla Meccanica, non è però da dissimularsi d'essere stata cagione, che si facesse un gran numero di nuovi ed ingegnosi esperimenti, e che s' inventassero e sciogliessero nel tempo stesso parecchi bellissimi problemi, a cui forse non si sarebbe neppur pensato in altro caso.

106. Chi crederebbe però, che siffatta contesa, in cui si son vedute occupate sì dotte penne, si riducesse unicamente ad una pura speculazione? Eccovi brevemente al fatto di tutto, non convenendo ad un Fisico, che si occupa soltanto a rintracciare verità, ch' esser possano profittevoli, perdere il tempo in cose affatto inutili, e puramente metafisiche. Tutt' e due i partiti convengono ne' fatti; dimodochè, se si desse loro un problema da risolvere, riguardante un tal punto, il risultato sarebbe lo stesso, sì calcolando la forza pel quadrato della velocità, che per la semplice velocità, moltiplicata per la massa. Tutto il divario adunque consiste nella spiegazione, ch' essi danno di cotesti fatti. Nel caso de' due globi, proposto di sopra (§. 104), uno de' quali cadendo dall' altezza di quattro piedi, abbia il peso di un' oncia; e l' altro cadendo dall' altezza di un piede, abbia il peso di quattr' once; ambidue i partiti convengono, che le fosse da essi formate debbono essere uguali: differiscono però in questo, cioè a dire, che i Leibniziani attri-

buiscono un tale effetto intieramente, ed unicamente all' intensità della forza posseduta da' due globi, senz' avere alcun riguardo al tempo, che siffatti corpi impiegano nel discendere dalle varie altezze, e quindi nel consumare la loro forza; laddove i loro avversarj lo vogliono cagionato non solamente dalla forza anzidetta, ma eziandio dal tempo, durante il quale cotesta forza esercita il suo potere. Se il globo di un'oncia cadendo dall'altezza di quattro piedi, scender potesse nell' istesso intervallo di tempo, in cui il globo di quattr' once scende dall' altezza di un piede, le fosse da esso loro formate non sarebbero uguali, (dicono essi); imperciocchè i tempi essendo uguali, gli effetti sarebbero come le forze che sono disuguali; per essere noto, che l' effetto è il prodotto della forza moltiplicata pel tempo. Ma poichè il globo di un' oncia per iscender giù dall' altezza di quattro piedi deve necessariamente impiegare il doppio di tempo, che impiegasi dal globo di quattr' once per esser le loro velocità come 2 ad 1 (§. 104); ne siegue per conseguenza, che deve operare pel doppio di tempo prima di poter consumare la sua forza, e quindi dee produrre un effetto doppio di quello che la medesima forza produrrebbe nel caso che operasse per la metà del tempo soltanto; essendo certissimo, che la forza di un grado, la quale operi per lo spazio di due minuti, cagiona un effetto uguale a quello che si produce dalla forza di due gradi, la cui operazione duri un minuto. La semplice velocità dunque avvalorata dal tempo è quella che fa produrre a' detti globi effetti uguali a quelli

doppia durata; dimanierachè quando queste due palle giugneranno allo stato di riposo, l'effetto totale del movimento della prima si ritroverà quadruplo di quello della seconda, comeche la forza di quella non fosse che doppia della forza di questa. E se la palla B invece di avere doppia velocità di A; l avesse tripla, o quadrupla, farebbe un triplo, o quadruplo sforzo contro la sua palla corrispondente; e quindi il moto impresso da B avrebbe tripla, o quadrupla durata di quello, che sarebbe impresso da A, e così del rimanente. Il rapportato esempio adattato ai casi particolari, che addur sogliono i Leibniziani in compruova della loro opinione, sarà valevole a diciferarli efficacemente, ed a far vedere, che i risultati di qualunque sperimento sono perfettamente d'accordo colla dottrina di coloro, che valutano le forze vive a simiglianza delle morte.

110. Attese impertanto le cose dette finora, rilevasi ad evidenza, che i seguaci di Leibnizio avendo riguardo agli effetti prodotti dalle forze motrici, indipendentemente da ogni altra circostanza, valutano le forze medesime a norma di tali effetti, laddove i Cartesiani per lo contrario considerano il valore di siffatte forze, qual è realmente in loro medesime; che val quanto dire, la loro intensità, e riguardano gli effetti, ch'esse producono, come il risultato non solamente delle forze, ma eziandio del tempo, durante il quale esse operano: il qual tempo facendo sì, che le forze, di cui si ragiona, possano ripetere, per così dire, la loro azione, le fa comparire maggiori, e più pode-

rose di quel che realmente sono in se stesse.

111. Ed in fatti chi mai potrà persuadersi che uno stesso corpo dotato della stessa velocità, aver debba in se maggiore, o minor forza a tenore che variano le circostanze, e le qualità di oggetti, che sono del tutto estranei per rapporto a quello? E pure così andrebbe la cosa seguendo l'opinion di Leibnizio. Se una palla di cannone del peso di una libbra, essendo spinta con 5 gradi di celerità, incontrasse un muro, che non cedesse al suo impeto; la palla non farebbe altro, che percuoterlo, e quindi la sua forza sarebbe forza morta (§. 102). Che però valutandola con moltiplicare la massa della palla per la semplice velocità, riuscirebbe uguale a 5. Facciamo, che cotesto muro invece di essere un ostacolo invincibile, venga rovesciato dalla palla: in tal caso essendo la forza della medesima una forza viva, converrebbe calcolarla con moltiplicare la sua massa pel quadrato della velocità, che sarebbe 25. Sicchè dall'essere l'ostacolo vincibile, o invincibile, si fa sì che la forza intrinseca di cotesta palla sia ora come 5, ed ora come 25. Cosa per verità, che non può sembrare se non che un puro paradosso a chiunque ci vorrà alquanto seriamente riflettere.

ARTICOLO IV.

Della quantità del moto.

112. Abbiam fatto vedere fin qui, che la forza, onde s'imprime il moto ad un corpo, calcolar si dee con moltiplicare la sua massa

per la semplice velocità, giusta la più ricevuta opinione. Ora dunque vuolsi osservare, che il prodotto della velocità di un corpo moltiplicata per la sua massa, è ciò che dicesi propriamente *Quantità di moto*, e con altro nome *Momento.* Sicchè a buon conto abbiamo stabilito, che le forze motrici misurarsi debbono dalla quantità di moto, ch'esse son capaci di far produrre ai corpi, che animano: ed è chiaro, che siffatta quantità di moto rilevar si dee dalla massa del corpo, che la possiede, moltiplicata per la sua velocità, scorgendosi dall'esperienza che la quantità di moto si altera in un corpo a misura che la sua massa, o la celerità, soffrono del cangiamento; dimodochè accrescendo, o scemando la massa di quello, facendogli ritenere la medesima velocità, si accresce, oppur si scema la sua quantità di moto, nella guisa stessa, ch'ella si aumenta, oppur si scema, con accrescere, o diminuire la sola velocità, rimanendo la medesima massa. Alterandosi dunque la quantità di moto proporzionalmente all'alterazione della velocità, ovver della massa, ed altro non essendoci in un corpo in moto, che possa produrre l'impeto, salvochè la massa, e la semplice velocità ugualmente distribuita nelle parti di quella; chiaro si scorge doversi valutare la quantità di moto di un corpo moltiplicandone la massa per la semplice velocità, nella guisa appunto, che si ha l'aja di un rettangolo con moltiplicare due de' suoi lati l'un per l'altro; giacchè l'uno, o l'altro divenendo maggiore, o minore, si accresce, o si diminuisce l'aja suddetta.

113. Dall'essere il momento, ossia la quan-

tità di moto di un corpo, il prodotto della sua quantità di materia, ovver della massa moltiplicata per la sua velocità, ne derivano parecchie utilissime verità come altrettante legittime conseguenze, le quali ci fan rilevare il rapporto, che v' ha tra le quantità di moto di corpi differenti. La prima delle medesime si è, che la quantità di moto di due corpi sono tra esse nella ragion composta sì delle loro masse, che delle loro velocità; ond' è, che il momento di A, per esempio, che ha 5 libbre di peso, e 3 gradi di velocità, è al momento di B, il cui peso è di 6 libbre, e la velocità di 2 gradi, come 15 a 12; tali essendo i prodotti di 3 per 5, e 6 per 2.

114. Fingendo in secondo luogo, che i mentovati corpi A, e B, abbiano le loro velocità in ragion reciproca delle masse; le quantità di moto saranno uguali tra loro. Come in fatti avendo il corpo A 2 gradi di velocità e 4 parti di materia; ed essendo la velocità di B come 4, e la massa come 2; la quantità di moto sarà di 8 gradi in ambidue per essere questo il prodotto sì di 2 per 4, che di 4 per 2. Questa regola riguardar si dee come il principio fondamentale della scienza della Meccanica, la quale insegna, siccome vedremo a suo luogo, a superare grandissime resistenze col mezzo di picciole masse, avvalorate però da una considerabile velocità.

115. Dato in terzo luogo, che due corpi abbiano uguali masse, le loro quantità di moto saranno come le loro velocità. Imperciocchè supponendo A, e B, di ugual peso, cioè a dir di 4 libbre; ed avendo A la velocità come

2, e B come 3; il momento di A sarà come 8, e quello di B come 12. Ora ognun vede, che 8 sta a 12, come la velocità di A sta a quella di B, ossia come 2 a 3.

116. Che se poi siffatti corpi avessero uguali velocità, ma disuguali masse, le loro quantità di moto sarebbero come le masse. Ciò non ha bisogno di esempio. E nel caso, che cotesti corpi fossero omogenei, come a dire oro ed oro, ferro e ferro; le loro quantità di moto sarebbero nella ragione delle loro grandezze, giacchè queste sarebbero come le quantità di materia. Così le quantità di moto di due palle di puro argento, le cui grandezze avessero la medesima proporzione di 2 a 4 quando la velocità fosse di 5 gradi in ciascheduna di esse, sarebbero come 10 a 20, ch'è la ragione delle loro grandezze. Che anzi in qualunque altro caso di simil natura, tutte le volte che i corpi sono omogenei, si potrà liberamente sostituire la loro grandezza alla lor quantità di materia.

117. Finalmente siccome moltiplicando la velocità per la massa, si ha la quantità di moto nel prodotto, così dividendo il momento per la massa, il quoziente esprime la velocità. Di fatti nel caso del §. 113 dividendo 15 per 5, che sono il momento e la massa di A, si avrà 3 nel quoziente, qual era realmente la sua celerità. Dividendo in simil guisa 12 per 6; cioè a dire il momento di B per la sua massa; la sua velocità 2 si troverà espressa dal quoziente di una tal divisione.

118. Da tutto ciò si rende chiaro parimente come l'urto di una picciola quantità di mate-

ria si possa talvolta efficacemente sostituire a quello di un enorme masso, quale si faccia muovere con una data velocità. Per far ciò non si avrà a far altro, se non se dare al picciol corpo un grado tale di velocità, che superi di tanto la velocità dell'altro, di quanto la massa di questo eccede la massa di quello: che val quanto dire, che bisogna far in modo, che le velocità de' suddetti due corpi sienò reciprocamente come le loro masse. Così la forza di un gran sasso, che pesi mille libbre, ma che operi con 10 gradi di velocità, può essere uguagliata dalla forza di un martello, che avendo sole 10 libbre di peso, opera colla velocità di mille gradi. Questo è ciò che pratichiamo alla giornata colle palle di cannone; a cui dando, mercè l'azion della polvere, velocità tale di poter iscorrer talvolta 2000 piedi in un secondo, facciam sì che vadano a produrre in una muraglia quelle rovine, che a mala pena gli antichi potevano cagionare con infinito stento in virtù delle loro baliste, e de' loro gravi arieti; i quali essendo mossi a forza di braccia di un gran numero di uomini, quantunque avessero una smisurata grandezza, erano spinti tuttavolta con tenue velocità. In parecchi altri ordegni poi, alle cui parti non si può compartire una eccedente velocità, si pratica tutto il rovescio; conciossiachè per avere una notabile quantità di moto, si accresce considerabilmente la loro quantità di materia. Lo scorgiam praticato alla giornata ne' laboratorj di varj artefici, specialmente in alcuni particolari generi di grandi trafile, le quali abbisognando di una gran forza, vi si adatta una pesantissima ruota di metallo

per muovere il rotame, e quindi sollevar le tanaglie. Ne' filatoj, ed in altri simili ordegni, che girano, si soglion guernire di piombo i fuselli per fargli girare con maggior forza, e quindi superar più agevolmente l'attrito, e la resistenza dell'aria. Mirate una donnicciuola, che fila, ed osservate com'ella aggrava il suo fuso del verticillo, o fusajolo, che dir si voglia, per farlo girar con violenza; e come poscia ne lo sgrava, tostochè il filo, che gli è avvolto intorno, rendelo pesante al segno che conviene.

119. Prima di lasciar questo soggetto torna molto in acconcio di osservare, che quantunque due corpi diversi abbiano la stessa quantità di moto, pure gli effetti prodotti per virtù del loro urto esser possono differentissimi. Nello sparo di un cannone, la quantità di moto, che si genera, è la medesima sì nella palla, ch'è spinta fuori, che nel cannone: attesa l'uguaglianza, e contrarietà dell'azione, e reazione, di cui si ragionerà in appresso. Ciò non ostante, la palla è capace di farsi strada per lo traverso di un muro, e 'l cannone non fa altro, che rinculare un poco. Dal che vuolsi dedurre in genere, che i piccioli corpi dotati di gran velocità sono molto proprj per isquarciare in pezzi quegli altri, ch'essi percuotono; e che i gran massi forniti di picciola velocità sono più atti a scuoterli. La ragione si è, che operando il picciol corpo con velocità tale che superar possa la natural coerenza di quello, contro di cui urta, ne separa conseguentemente le parti in un tempo sì picciolo, che non può il suo moto comunicarsi al rimanente del corpo; laddove operando il gran masso con vo-

locità insufficiente a vincere la mentovata coerenza, a motivo della lentezza, con cui opera, si dà tempo, che il moto si comunichi alle altre parti del corpo urtato, onde vien quello scosso nell'intiera sua mole. Scorgesi ciò ad evidenza tirando un colpo di fucile contro una banderuola da vento, oppur contro di una porta, che si muova liberamente intorno ai suoi cardini. Se la carica sarà poderosa, la palla attraverserà la banderuola, oppur la porta, senza che nè l'una, nè altra si muovano d'un pelo dalla situazione, in cui erano; laddove percuotendosi tutt' e due con un gran masso di piombo dotato di una picciola velocità; quantunque la parte ond' esso urta, sia conformata in modo, che non ecceda in grandezza la palla del fucile, pure il moto si comunicherà alle parti sì della banderuola, che della porta, talmentechè farà girar l'una intorno alla propria asta, e l'altra intorno ai suoi cardini, senza poterle attraversare per alcun verso. Questa osservazione può esser di grand'uso in parecchie occorrenze, e specialmente nel caso, che vogliansi abbatter muraglie, oppure antichi edifizj, le cui parti sien molto tenaci, siccome avviene non di rado. Per potervi ben riuscire non torna conto il far uso di stromenti, i quali dotati di picciola massa, operino con una considerabile velocità; ma gioverà moltissimo il servirsi dell'urto di massi grandi, comechè la loro velocità sia minore; coll' avvertenza di dar sempre il secondo colpo prima che svanisca la impressione, ossia il tremore cagionato dal primo; conciossiachè riuscirà agevolmente di rovesciare, ed abbattere co' colpi successivi quel

ch'è stato già scosso mercè degli urti antecedenti.

ARTICOLO V.

Degli ostacoli, che si presentano al moto.

120. Comechè siesi avanzato nel §. 4 esser la mobilità un attributo, che compete a tutt' i corpi, sia qualunque la lor grandezza, e figura; tuttavolta gioverà qui di avvertire, che non ogni sorta di corpo è ugualmente atta al moto, e che i medesimi presentano una maggiore, o minor resistenza alle forze, che li sollecitano a muoversi, a norma delle diverse loro quantità, e delle varie circostanze. Or facendo un po' di riflessione egli è agevole il rilevare, che siffatte quantità e circostanze ridur si possono con ragione alle seguenti, cioè a dire, alla varietà della figura de' corpi, alla diversità della loro superficie, alla differenza della loro densità; e finalmente alla varia resistenza de' mezzi.

121. Affin di assicurarcene col fatto ponghiamo su di un tavolino orizzontale, e ben levigato, una sfera, un cilindro, un cubo, o anche più corpi dello stesso peso, ma di figura diversa. Cerchiamo di porli in moto, e vedremo, che una picciolissima forza sarà sufficiente a muovere la sfera; che per muovere il cilindro converrà far uso di una forza un po' maggiore; e che il grado di questa dovrà aumentarsi anche di più per poter muovere il cubo. E quando un tal moto si sia già comunicato a

tutti in ugual grado, sarà egli più durevole nella sfera, un poco meno durevole nel cilindro, ed assai meno nel cubo: le quali differenze di moto non vengono originate da altro, siccome ognun si avvede, se non che dalla diversità della figura de' mentovati corpi.

122. Che se d'altronde il detto tavolino fosse scabroso invece di esser levigato; lo stesso grado di forza, che ha messi in moto gli anzidetti corpi nel caso proposto, non sarebbe ora sufficiente a muoverli di bel nuovo; talmentechè sarebbe necessario aumentarla. Ciò si rileva similmente dal vedere, che messe due sfere di ugual peso su di un piano ben levigato, una delle quali abbia la superficie perfettamente liscia e l' altra scabrosa, è assai più facile porre in moto la prima, che la seconda. Dunque la maggiore o minor disposizione al moto dipende eziandio dalla varietà della superficie de' corpi.

123. Vuolsi intender lo stesso della loro differenza in densità, scorgendosi ad evidenza, che due sfere, per cagion d' esempio, di diversa gravità specifica (quali sarebbero in realtà se una fosse di legno e l' altra di piombo), non sono ugualmente atte ad esser mosse; e che la forza per muover la sfera di piombo convien che sia maggiore di quella che si richiede per muover la sfera di legno. Per esser di ciò intimamente convinto, basta risovvenirsi, che tutt' i corpi sono dotati della forza d' inerzia; e che la medesima è sempre proporzionale alla quantità della materia (§. 46), ossia alla densità de' corpi sotto lo stesso volume.

Finalmente è noto ad ognuno non po- corpo trasferire da un luogo in un al- nza imbattersi per cammino in altri cor- eno solidi o fluidi, i quali si oppongono o meno al progresso del suo movimento. negli uni che negli altri siffatta resistenza ne originata o dalla natural coerenza del- parti che converrebbe vicendevolmente se- arare per render libero il detto cammino, o lla semplice inerzia di que' corpi, che deb- ono far luogo a quello ch' è in moto. Un luminoso esempio della resistenza del primo genere ci vien somministrato da una zeppa, che si sforza a farsi strada per lo traverso di una picciola fenditura che vi fosse in un pezzo di legname; come altresì da un corpo qualunque, il quale fosse spinto dentro una quantità di mele, di olio o d' altro liquido simigliante, le cui parti trovansi fornite di una viscosità naturale: laddove la resistenza del secondo genere ci viene indicata evidentemente da que' corpi, ch' essendo spinti dentro l'aria, il mercurio ed altri fluidi di tal natura, le cui parti scorrono liberamente l' una sull' altra, talchè la coerenza si può riguardar come nulla, non hanno a superare altra resistenza, se non quella che loro presenta la naturale inerzia delle parti medesime. Di questa indole sono que' fluidi, nel mezzo de' quali si eseguono i movimenti più rimarchevoli, che si fanno nell' universo (ad eccezione dell'acqua, le cui particelle veggonsi dotate di un certo grado di coerenza, che può per altro negligersi); e per tal motivo ci ristrigneremo ad esaminare unicamente questa sorta di resistenza; e poichè la medesi-

ma scorgesi costantemente soggetta ad alcune leggi, gioverà qui il comprenderla nelle tre proposizioni che sieguono.

125. La prima di queste proposizioni, si è che se uno stesso corpo movendosi colla medesima velocità, passa successivamente dentro fluidi diversi; la resistenza, che in essi incontra, è proporzionale alla loro densità. Imperciocchè a misura che il fluido è più denso, contiene un maggior numero di parti nello stesso volume: e poichè la forza d'inerzia abbiam veduto esser proporzionale al numero delle parti, ossia alla quantità della materia; ne avverrà, che il corpo in moto imbattendosi in mezzi più densi, incontrerà maggiore inerzia da vincere; e quindi dovrà proporzionatamente superare una maggior resistenza.

126r In secondo luogo, movendosi due corpi simili, come a dire due sfere, due cubi, o due prismi, per entro allo stesso mezzo, col medesimo grado di velocità; le resistenze ch' essi v'incontreranno saranno proporzionali alla loro superficie. La ragione di ciò si è, che non potendo un corpo scorrere dentro un fluido senza scacciare successivamente dal suo luogo un volume dello stesso fluido uguale al suo; ognun vede, che la quantità di un tal volume deve crescere a proporzione che divien maggiore la superficie del mobile. Ma un maggior volume di uno stesso fluido in sè contiene un maggior numero di parti, e conseguentemente è dotato di maggior forza d' inerzia di quel che sia un volume minore. Dunque la resistenza che il mobile incontrerà nello scorrer per entro a quello, sarà proporzionale alla sua superficie, e

quindi in due corpi simili le cui superficie fosseto disuguali, sarebbe eziandio proporzionale alle medesime.

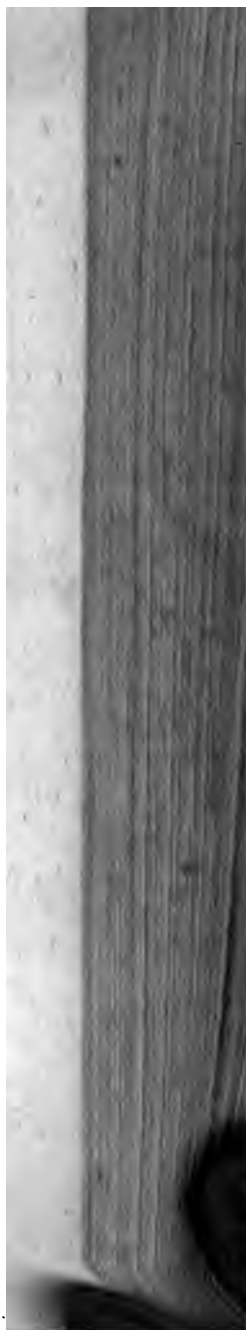
127. Dall' esser siffatta resistenza, nel caso di corpi simili, proporzionale alle loro superfizie, ne siegue, che queste essendo uguali, si uguaglieranno benanche le resistenze; ciò non ostante però, l'effetto da essi prodotto potrebbe non esser uguale; conciossiachè la disuguaglianza delle masse cagionar potrebbe una quantità di moto maggiore nell' uno, che nell' altro. Così due uguali palle, una delle quali fosse d'oro, e l'altra di ferro, attraversando l'aria colla medesima velocità, incontrerebbero in quella ugual resistenza; ma questa sarebbe superata con maggior efficacia dalla prima, che dalla seconda, per cagione della sua maggior densità. Questo si è appunto il caso, del quale si è ragionato nel §. 74.

128. Dato finalmente, che uno stesso corpo venga spinto per entro allo stesso mezzo con differenti celerità; la resistenza che gli verrà opposta da quello, sarà proporzionale ai quadrati di siffatte celerità. Per rimaner persuasi di una tal verità supponghiamo che una palla di moschetto sia spinta nell' acqua con due gradi di velocità; cioè a dire con velocità tale, che le faccia scorrer due piedi in un secondo di tempo. E' certo, che cotesta palla non potrà farsi strada per lo traverso dell' acqua senza scacciare dal loro luogo due piedi della medesima nell'intervallo di un secondo: nè un tale scacciamento potrà seguire senza che la palla comunichi a cotesti due piedi d' acqua una velocità uguale alla sua. Or due piedi d'acqua,

dotati di due gradi di velocità, hanno una quantità di moto uguale a 4 (§. 112), a cui conseguentemente si uguaglierà la resistenza, ch' essi opporranno alla palla: ma 4, ch' è la resistenza, è il quadrato di 2, ch' è la velocità. Dunque non v' ha dubbio, che le resistenze opposte dallo stesso fluido ad uno stesso corpo, che vi scorre dentro con differenti velocità, sono sempre proporzionali a' quadrati delle velocità medesime.

129. In simil guisa, se la palla stessa fosse spinta nel medesimo fluido con 4 gradi di velocità, scacciar dovrebbe quattro piedi di esso in un dato tempo; e quindi dovrebbe comunicar loro 4 gradi di velocità. In tal caso la quantità di moto di cotesta quantità di fluido e conseguentemente la resistenza, sarebbe come 16; il qual numero, siccome ognun sa, è il quadrato di 4, ch' esprime la velocità, con cui si è spinta la palla.

130. Dalle cose fin qui dette deduconsi come legittime conseguenze due metodi agevolissimi per poter calcolare le resistenze rispettive, che s' incontrano da due, o più corpi, i quali si muovano nello stesso mezzo, oppure in mezzi di differente densità. Se due globi A, e B, per esempio, si muovan tutt' e due dentro l'acqua; le rispettive resistenze, ch' essi v'incontreranno, saranno come il prodotto della superficie di A moltiplicata pel quadrato della sua celerità, al prodotto della superficie di B, anche moltiplicata pel quadrato della celerità sua. Quindi supponendosi di 2 piedi la superficie di A, e di 4 quella di B; se la velocità del primo sia di 3 gradi, e la velocità del se-

za, ch'è un principio puramente passivo, è produttrice feconda di effetti, non altrimenti che l'attrazione, e la ripulsione, che sono principj attivissimi. Come in fatti le tre leggi del moto, dette altrimenti *leggi di natura*, perchè competono universalmente a tutt'i corpi, ch'esistono nell' universo, dipendono intieramente dallo stesso principio. Furono esse stabilite da Newton, e la prima è la seguente.

134. *Ogni qualunque corpo, sia in riposo, sia in movimento, persevera naturalmente nello stato di quiete, oppur continua a muoversi uniformemente in linea retta, fino a tanto che non venga disturbato da quello stato da cagioni esteriori.* Come in fatti essendo la materia naturalmente scevra d'ogni qualunque attività, è chiaro, che siccome non può muoversi da sè quando sia in riposo, così d'altra parte non può da sè arrestare il suo moto in veruno istante qualora si trova esser in movimento. Dev'ella dunque continuare indifferentemente nello stato in cui è, ed essendo in moto, non v'ha ragione, per cui debba alterare la sua velocità, oppur la direzione. Ecco impertanto il motivo della continuazione del movimento de' projetti; per la cui investigazione, tanto si affaticarono gli antichi Fisici senza profitto.

135. Da ciò rendesi eziandio evidentissimo, che ogni qualunque movimento è per sua natura uniforme, e rettilineo. E' uniforme, perchè non potendo la materia in moto alterare la sua velocità, dee necessariamente percorrere spazj uguali in tempi uguali: è rettilineo, perchè non potendo il mobile cambiare da sè

la sua direzione, uopo è, che prosiegua a muoversi secondo la direzione ricevuta originalmente, ossia nel primo istante del suo movimento; il quale concependosi determinato verso di questo, o di quel punto, eseguir si dee lungo una retta, che a quel punto conduce.

136. Per la qual cosa non si durerà fatica a persuadersi, che ogni qualunque movimento, il quale si faccia per una curva, dee necessariamente esser prodotto almeno da due forze, una delle quali spinga il mobile secondo una direzione rettilinea, e l'altra, operando continuamente su 'l mobile stesso, l' obblighi in ogn' istante ad abbandonare l' anzidetta direzione, dimodochè gli faccia descrivere un poligono d'infiniti lati, ciascun de' quali è per altro una linea retta; ond' è poi, che appena cotesta forza cessa di operare, quel tal mobile lasciando di descrivere la curva incominciata, prosiegue a muoversi secondo la direzione di una linea retta, ch' è tangente a quel punto della curva, ove il mobile si ritrovava quando la forza estranea cessò di operare. Serviamoci dell' esempio di una pietra, che facciasi rivolgere intorno intorno mercè di una fionda. Se nell' atto, ch' ella si ritrova nel punto B della sua rivoluzione, a cui vien determinata dalla mano A, che la tira a sè di continuo, si lasci scappare un capo della fionda, talchè la pietra non sia più soggetta all' azion della mano; lascerà di muoversi per la curva B D, e proseguirà il suo moto per la retta B C, che tocca la curva nel punto B, ov' era la pietra quand' ella si sottrasse all' azione della mano. La qual cosa accader dee ugualmente

Tav. I. Fig. 4.

ne' punti D, F, H, ed in qualunque altro, che su 'l cerchio D B H si potrebbe assegnare. Si scorgerà lo stesso fenomeno gettando dell'acqua in piccioli zampilli sulla circonferenza di una ruota, che si aggira velocemente intorno al suo asse: imperciocchè sarà quella lanciata con impeto grande dalla ruota nella direzione di tante linee rette, che saranno tangenti a' varj punti della circonferenza della ruota medesima, su cui l'acqua si fa cadere.

137. Avendo tutt' i corpi, che, rivolgendosi in giro, descrivono una curva, una natural propensione a muoversi giusta la direzione delle tangenti a quella curva; ed essendo i varj punti di coteste tangenti più distanti dal centro del moto di quel che sieno i punti della curva stessa; si comprende ad evidenza, che tutt' i corpi mentovati posseggono una forza, che tende sempre ad allontanarli dal centro del movimento. Quindi è, che la medesima si denomina *centrifuga*, a differenza dell' altra, onde gli stessi corpi vengono tirati, e ritenuti verso il centro, a cui si dà perciò il nome di *centripeta*, comechè tutt' e due insieme unite dicansi con comune vocabolo *Forze centrali*. Questa verità rendesi evidentissima col far girare velocemente intorno intorno un secchietto pieno d'acqua, che si tenga sospeso ad una corda, nell' atto che il capo opposto della medesima vien ritenuto dalla mano. Non ostante la forza di gravità, che sollecita l' acqua a cader giù, premerà ella vigorosamente contro il fondo del secchio in tutt'i punti della sua rivoluzione; e per tal cagione non se ne verserà neppure una goccia: e nel caso che si

an foro nel fondo divisato, l'acqua scap-
iori con impeto per lo traverso di quello
ezioni anche contrarie a quella della
i, e quindi sarà spinta nella direzione
angenti, siccome si è già dichiarato.
La prima cosa, che si presenta alla
razione intorno alle Forze centrali si è
te le altre cose uguali, sono elleno mag-
o minori, proporzionalmente alla quan-
lla materia. Imperciocchè altro non es-
la forza centrale di un corpo, se non
isultato delle forze parziali, ond'è prov-
ciascuna delle particelle, di cui esso è
to; ne siegue per conseguenza, che sif-
omma dev'esser maggiore, qualora è mag-
l numero delle parti, ed al contrario;
di, ch' ella è proporzionale alla massa.
successivamente in cima ad una corda
ietra, supponghiam di tre oncie, indi
ra di sei oncie, e finalmente una di una
; e preso in mano il capo opposto, fatele
una per volta, con ugual celerità a guisa
da: osserverete, che la mano dovrà fa-
picciolo sforzo per poter ritenere la pietra
once; che lo sforzo dovrà esser maggio-
ritener quella di sei oncie; e finalmente,
i sarà il massimo per ritener la pietra di
bbra. Ciò si conferma eziandio evidente-
per via di un altro sperimento. Se den-
un tubo di vetro pongansi varj corpi di
a gravità specifica, come a dire un pezzo
ghero, una palla di piombo, ed un pez-
di legno; e quindi riempiutolo di acqua,
solo in una posizione alquanto inclinata,
si girare intorno orizzontalmente mercè

di una macchina destinata a praticare cotal sorta di esperienze, si scorgerà, che la palla di piombo, la quale prima occupava il fondo del tubo, salirà in cima di quello; che il pezzetto di legno si manterrà verso il mezzo; e finalmente, che il pezzo di sughero si terrà vicino al fondo del tubo, corrispondentemente alla diversa quantità di materia contenuta in siffatti corpi.

Tav. I. Fig. 5.

139. In secondo luogo coteste forze sono sempre uguali tra loro. Supponghiamo in fatti, che la pietra B ritenuta da una fionda, si rivolga per la curva circolare E B D. Seguendo ciò per effetto della forza centripeta, giacchè altrimenti la pietra spinta dalla sola forza di projezione scapperebbe via lungo la tangente B C; cotesta forza considerata nel suo stato nascente verrà espressa da B D, nel qual caso l' effetto, o la misura della forza medesima, sarà rappresentata dalla perpendicolare CD, siccome quella, che esprime lo spazio, per cui la pietra discostandosi dalla detta tangente, è caduta giù verso il centro A del suo moto in quel primo istante, in cui ha descritto l' arco B D. Suppongasi d' altra parte, che la forza centripeta anzidetta cessi di operare nell' atto che la stessa pietra B si ritrova nel punto B della sua rivoluzione: è chiaro dalle cose fin qui dette, che nell' istante medesimo ubbidendo ella alla forza centrifuga, e lasciando perciò di descrivere la curva B D, incomincierà a muoversi per la tangente B C. Concependosi similmente questa forza nel suo stato nascente, verrà espressa da B D: allora C D esprimerà la spazio, per cui la pietra B si

allontana dalla curva B D in virtù della forza centrifuga. Se dunque il potere sì della forza centripeta, che della centrifuga, viene espresso dalla retta C D, non v'ha ragione, per cui si possa dubitare dell'uguaglianza delle forze medesime.

140. Convien sapere in terzo luogo, che le forze centrali sono come i quadrati degli archi descritti in un dato tempo, divisi pei rispettivi diametri di quei tali cerchi; di maniera che supponendo, che i due corpi uguali A, a, si rivolgano uniformemente intorno a'cerchi disuguali A B E, *a b e*; la forza centrale del primo sarà a quella del secondo, come il quadrato di A B diviso per A E, al quadrato di *a b* diviso per *a e*. Affin di rimanere pienamente persuaso di una tal verità, suppongasi, che i due corpi A, *a*, nel primo istante infinitamente picciolo del loro movimento, descrivano gli archi nascenti A B, *a b*. Abbiam veduto nel §. 139, che gli spazj trascorsi da questi due corpi per virtù delle forze centrali, vengono espressi dalle perpendicolari alle tangenti, C B, *c b*. Per la qual cosa essendo i corpi uguali, ed il moto uniforme, siccome abbiam supposto da principio; i movimenti saranno tra loro come C B a *c b*, che sono gli spazj descritti; nella qual ragione saranno benanche le forze, da cui siffatti moti sono stati prodotti. Tirando da' punti B, *b*, le rette B D, *b d* (parallele alle tangenti A C, *a c*; le porzioni A D, *a d*, del diametro, essendo uguali a C B, *c b*, prender si potranno in lor vece. Ma A D, *a d*, sono i seni versi degli archi A B, *a b*, i quali archi per essere nel loro

Tav. I. Fig. 6.

stato nascente, nulla differiscono dalle loro corde; ed oltracciò la natura del cerchio è tale, che il seno verso di qualunque arco è uguale al quadrato della corda divisa pel diametro: dunque le forze centrali dei mentovati corpi A, *a*, venendo espresse da A D, *a d*, saranno tra loro come il quadrato di A B diviso per A E, al quadrato di *a b* diviso per *a e*, siccome si era proposto; oppure come il quadrato di A B diviso per A F, al quadrato di *a b* diviso per *a* F; per essere i diametri tra loro come i raggi.

141. Essendosi l'anzidetto movimento de' corpi A, *a*, supposto uniforme, è chiaro, che gli archi descritti in un dato tempo sono tra loro come le velocità de' mentovati due mobili (§. 96). Che però sostituendo cosiffatte velocità agli archi A B, *a b*; le forze centrali saranno nel detto caso come il quadrato della velocità del corpo A diviso per A E, al quadrato della velocità del corpo *a* diviso per *a e*. Dal che si deduce, che se un pianeta, per cagion di esempio, rivolgendosi in una determinata orbita, venisse per avventura a raddoppiare la sua velocità, converrebbe assolutamente, che la forza centrale si aumentasse del quadruplo per poterlo ritenere, essendo 4 il quadrato di 2.

142. Movendosi due corpi in due cerchi uniformemente, le velocità saranno direttamente come i raggi, ed inversamente come i *tempi periodici*, che sono i tempi, ch' essi impiegano nel fare le loro interne rivoluzioni. Imperciocchè la velocità essendo determinata, il tempo periodico dev' esser proporzionale alla circonferenza; essendo ben chiaro, che ci biso-

gnerà maggior tempo per iscorrere una circonferenza maggiore con una determinata velocità, che per iscorrerne una minore. D' altronde essendo determinata la circonferenza, il tempo periodico sarà inversamente come la velocità; vale a dire, che ci vorrà maggior tempo a misura che la velocità è minore, ed al contrario. Finalmente non essendo determinata nè la velocità, nè la circonferenza, il tempo periodico sarà nella ragion diretta della circonferenza, e nell'inversa della velocità, che val quanto dire, come la circonferenza, oppure il raggio (essendo i raggi come le circonferenze) diviso per la velocità; conseguentemente la velocità sarà come il raggio diviso pel tempo periodico; attesochè in ogni divisione il dividendo diviso pel quoziente, esprime il divisore. Illustriamo questa verità con un esempio, giacchè dovremo farne uso ragionando del moto de' corpi celesti. Suppongasi il raggio, ossia la circonferenza A B E, per cui si rivolga il corpo A, uguale ad 8, e la velocità uguale a 2: dividendo 8 per 2, il quoziente 4 esprimerà il tempo periodico impiegato da A nel descrivere quel cerchio. La circonferenza *a b e*, su cui si aggira il corpo *a*, oppure il suo raggio, suppongasi uguale a 6, e la velocità uguale a 3: il quoziente 2 esprimerà il tempo periodico di *a*. Or dividendo il raggio 8 (ch'è il dividendo) pel tempo periodico 4 (ch'è il quoziente), si avrà il quoziente 2 uguale alla velocità del corpo A, ossia il divisore; siccome dividendo il raggio 6 pel tempo periodico 2, il quoziente 3 sarà uguale alla velocità di *a*. Producendo più oltre nel sostituire altre espres-

Tav. I. Fig. 6.

sioni alle fin qui proposte, e prendendo il raggio diviso pel tempo periodico in vece della velocità; si avrà la forza del corpo A a quella di *a*, come il raggio A F diviso pel quadrato del tempo periodico di A, al raggio *a* F diviso pel quadrato del tempo periodico di *a*.

143. Movendosi un corpo per una curva qualunque per virtù di una forza, che tenda costantemente ad un punto, che sia dentro di quella, come ad un centro; se da varj punti degli archi di quella curva, ne' quali il mobile successivamente si trova, si tirino altrettante linee rette, che vadano ad unirsi in quel centro; i vani contenuti ne' triangoli così formati saranno proporzionali ai tempi impiegati dal mobile per descrivere i detti archi; che val quanto dire, *che le aje descritte dal mobile nelle accennate circostanze, saranno proporzionali ai tempi*. Suppongasi perciò, che il mobile A venga projettato lungo la retta A C con una forza tale, che possa descrivere lo spazio A B nel primo istante di tempo. In tal caso passando il raggio vettore da R A in R B, descriverebbe l'aja A R B nel tempo divisato. Or egli è chiaro, che se una tal forza di projezione si lasciasse operare con libertà, il mobile A in virtù della rapportata prima legge di moto (§. 134) correrebbe nel secondo istante la retta B C uguale ad A B; e quindi descriverebbe l' aja B R C uguale ad A R B; imperciocchè avendo questi due triangoli le loro basi A B, e B C uguali, ed oltracciò la comune altezza R X, sono uguali tra essi. Ma poichè vien egli nel tempo stesso tratto giù verso R dalla forza centripeta (che supporremo

Tav. I. Fig. 7.

uguale a B S); sarà conseguentemente obbligato a descrivere la retta B D in vece di B C, oppur di BS, siccome si dimostrerà a suo luogo; ond'è che descriverà l'aja B R D in luogo di BRC. Il fatto si è, che queste due aje sono parimente uguali tra loro, siccome quelle che avendo B R per base comune, trovansi collocate fra le due parallele B R e C D. Per la qual cosa l'aja descritta nel primo istante sarà uguale a quella, che si è descritta nel secondo. Giunto il mobile in D, procederebbe per la tangente D E (§. 136): ma poichè tratto dalla forza centripeta verso R, sarà forzato, come nell'istante antecedente, a scorrere il sentiere D F; dimanierachè descriverà l'aja D R F invece di D R E: le quali due aje non solamente sono tra sè uguali, per aver la base comune RD, e per esser situate fra le parallele DR ed EF; ma si uguagliano eziandio all'aja antecedente BRD, a motivo dell'uguaglianza delle basi B D, D E, de' due triangoli B R D, D R E, e della loro altezza comune. Finalmente ritrovandosi il mobile A nelle medesime circostanze in tutti gl'istanti che sieguono, descriverà uguali aje in ciascheduno di essi. Egli è dunque fuor di dubbio, che movendosi un mobile per una curva in virtù di una forza centripeta; *le aje che descrive, sono proporzionali ai tempi*. Questa è la prima famosa legge, detta comunemente *Kepleriana*, per essere stata scoperta dal celebre Astronomo Keplero: legge ammirabile e feconda di conseguenze interessantissime, come in appresso osserveremo.

144. Invertendosi cosiffatta proposizione, non

si vien punto ad alterare la sua veracità; di modochè supponendo, che un corpo movendosi lungo una curva intorno ad un punto immobile, descriva le aje proporzionali a' tempi; sarà segno evidentissimo, che verrà egli tratto da una forza centripeta verso quel punto. Come in fatti il mobile A, che descrivendo aje proporzionali ai tempi, si trova nel secondo istante nel punto B, deve necessariamente esser tratto verso R secondo la direzione BS parallela a CD, per poter procedere lungo la retta BD; siccome per iscorrere lungo DF, dev' esser tratto giù per DQ parallela ad EF; e così in appresso: ciocchè dimostrerassi ampiamente nell' Articolo I. della Lezione V., qualora ragioneremo del moto composto. Or tutte queste rette BS, DQ ec., tendono al centro R, Dunque il supposto mobile, che gira intorno a un tal centro, vien tratto verso di quello da una forza centripeta.

Tav. I. Fig. 7.

145. Essendo i vani de' mentovati triangoli uguali fra loro, ma le basi AB, BD, DF, ec. disuguali; ed essendo certo, che basi disuguali di triangoli uguali sono tra loro in ragion reciproca, delle altezze; scorgesi ad evidenza, che le basi AB, BD, DF ec., sono in ragion reciproca delle altezze de' triangoli ARB, BRD, DRF ec. Ma le anzidette basi rappresentano la velocità; e le mentovate altezze sono rette perpendicolari alle tangenti di quei determinati punti della curva. Sarà dunque generalmente vero che *le velocità, con cui il mobile scorre su qualunque parte della curva, sono tra loro nella ragion reciproca delle perpendicolari tirate dal centro fino al-*

le tangenti di quelle parti della curva; che val quanto dire, che siffatte velocità si fan minori a misura che coteste perpendicolari si allungano, ed a vicenda; siccome in fatti avvien nell' elliese. E poichè le rette tirate dal centro di un cerchio, perpendicolari a' varj punti della sua circonferenza, sono altrettanti raggi dello stesso cerchio, ed in conseguenza uguali; rendesi parimente evidentissimo, che un mobile, il quale movendosi in giro, descrive la periferia di un cerchio, trovasi avere uguali velocità in ogni punto di siffatta curva, e conseguentemente si muove con moto uniforme.

146. Non v' ha cosa nel mondo, ove campeggiar si veggano tanto mirabilmente, e nel lor grande le forze centrali fin qui mentovate, quanto nell' ordine, e nel moto de' corpi celesti, i quali per la sola virtù di quelle, quasichè sospesi alla cerulea volta del cielo, eseguono con portentoso artifizio il regolare lor corso intorno al centro dell' universo. Laonde la loro speciale considerazione ci chiama ad esaminare prima di tutto cotesto ordine, e siffatti movimenti, per poter fare dipoi una ragionata, e conveniente applicazione delle già dichiarate dottrine.

ARTICOLO II.

Breve Saggio di Cosmografia.

147. La giornaliera osservazione degli astri, i quali levandosi costantemente dal canto orientale dell' orizzonte, prendono sensibilmente il

lor corso verso l' occidente, è stato sempre un fortissimo motivo per far credere non solamente al volgo, ma eziandio alla numerosa schiera de' filosofi di tutt' i tempi, e di tutte le nazioni, che la terra, cui abitiamo, fosse del tutto immobile, e per così dire radicata nel centro dell' universo; e che tutt' i corpi celesti facessero giornalmente intorno ad essa le loro rivoluzioni. Siffatta naturalissima idea fu particolarmente adottata e messa in chiaro dal gran Tolommeo, Filosofo e Geografo di gran rinomanza del secondo secolo dell' Era volgare, il quale si sforzò di stabilire, che intorno alla terra, collocata immobilmente nel centro del mondo, si aggirasse primieramente la Luna, indi ordinatamente di mano in mano, Mercurio, Venere, il Sole, Marte, Giove e Saturno, a cui sovrastava poscia il firmamento, ossia il Cielo delle Stelle fisse, sparse come che fosse su quello, alla guisa di tanti fulgidi chiodi. V' erano al di sopra due altri Cieli, ovvero due altre sfere di purissimo e duro cristallo; e 'l tutto veniva ricoperto in ultimo dal massimo Cielo, ossia dal *primo mobile*, il quale aggirandosi con indicibile rapidità intorno a se stesso dall' Oriente all' Occidente nel tratto di 24 ore, trasportava seco mirabilmente nella medesima direzione tutt' i Cieli inferiori in sè racchiusi. A siffatta costituzione dell' universo diessi la denominazione di *sistema Tolemaico*.

Tav. II. Fig. 2.

148. Tra gli antichi filosofi della Grecia vi era stato però chi avea immaginato, che la stabilità della terra, e 'l movimento del sole riputar si dovessero un errore del volgo; e che

la terra con tutt' i rimanenti corpi celesti si rivolgesse effettivamente all' intorno del sole, costituito nel centro dell' intiero sistema. Un sentimento così particolare, andato bentosto in obblio, come ciascuno può immaginare, sembrando, che si opponesse direttamente al senso comune, fu poi arditamente ravvivato ed abbellito con somma felicità da un certo Nicolò Copernico, nativo della città di Thorn nella Prussia Reale, Canonico di Vormia, e famosissimo Astronomo del secolo XVI. Stabilì egli adunque, che il Sole collocato immobilmente nel centro sensibile dell' universo, ed aggirandosi soltanto con moto vertiginoso intorno al suo asse, facesse rivolgere intorno a sè, in virtù di forze centrali, tutt' i pianeti con ordine tale, che immediatamente gli si aggirasse intorno Mercurio, indi Venere, la Terra, Marte, Giove e Saturno; a cui poscia sovrasta il pianeta Herschel, ossia *Urano*, recentemente scoperto. Succedono finalmente le Stelle fisse che col loro scintillante splendore vagamente adornano lo spazio immenso del firmamento. Esse però non fanno parte del nostro sistema; e par verisimile, che a guisa di altrettanti Soli costituiscano il centro di altri mondi a noi sconosciuti. Intorno alla Terra si aggira la Luna; intorno a Giove altre quattro Lune, scoperte dal Galilei; sette altre intorno a Saturno, che scorgesi cinto da un anello luminoso; e finalmente due altre intorno ad Herschel. A tutte coteste Lune, dette più comunemente *Satelliti*, suol darsi il nome di *pianeti secondarj*, a distinzione de' sette primi, i quali rivolgendosi immediatamente intorno al

Tav. V. Fig. 3.

Sole, prendono con ragione la denominazione di *primarj*. Ecco dunque qual è in accorcio il *sistema Copernicano*; da cui ben vedete essersi del tutto bandite le solide vôlte immaginate da Tolommeo, ossia i cieli di cristallo. Si può tuttociò più chiaramente scorgere dalla Figura 5 della Tavola VI. Ritrasse cotal sistema un notabil vantaggio dall'essere stato preso in considerazione dall'immortal Galilei, sommo lume ed ornamento della nostra Italia, cui costò per sua sventura infinito travaglio, e fiera persecuzione il volerlo spacciare per vero, quantunque lo avesse ridotto alla massima chiarezza, come si può rilevare dal suo celebre *Dialogo* intorno a tal soggetto. Keplero poi scuoprì la vera forma delle orbite de' pianeti, che da Copernico eransi supposte circolari, e rintracciò alcune leggi fondamentali, che sottomisero al calcolo i loro movimenti: la scoperta però della meravigliosa legge, secondo cui opera quella forza, onde rivolgonsi i pianeti intorno al centro del loro moto, era, siccome abiam detto (§. 69), riserbata al gran Newton, il quale l'estese felicemente alla spiegazione de' fenomeni i più astrusi, e più rilevanti della natura, e die' così l'ultima perfezione, e mise quasi nell'evidenza il sistema Copernicano.

Tav. VI. Fig. 5.

149. Il più recente sistema del mondo è quello di Ticone Brahè, Filosofo Danese del secolo XVI. Conobbe egli manifestamente l'assurdità del sistema Tolemaico (§. 147), e non volendo adottare il Copernicano, che pareagli incomprensibile e fuor di ragione, si avvisò di rivendicare alla terra il centro dell'universo, facendone girare intorno la luna, e poscia

Tav. V. Fig. 4.

il sole: stabilì poi cotesto come centro de' rimanenti pianeti, immaginando, che descrivessero intorno ad esso le loro orbite Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno, come scorgesi rappresentato nella Fig. 4 della Tav. V. Tav. V. Fig. 4.

150. Converrebbe unire le dottrine fisiche alle più sublimi dell'Astronomia per iscorgere a chiaro giorno la ragionevolezza del sistema Copernicano, e quindi la gran superiorità di esso su tutti gli altri finora immaginati. Tuttavolta lasciando da parte per ora quello, che ne diremo sì in questo articolo, che nella seguente Lezione (nel che consistono, a dir vero, le pruove fondamentali del sistema di Copernico); basterà qui accennare, 1.° che i sistemi di Tolommeo e di Ticone non solamente non sono valevoli a spiegare tutt' i fenomeni del cielo, ma si oppongono eziandio direttamente ai fatti ed alle osservazioni celesti. Per rammentarne qui una sola, che possa servir di esempio, diremo che nè Mercurio, nè Venere veggonsi giammai in opposizione col Sole: che val quanto dire, che tra essi e 'l Sole non vedesi giammai frapposta la terra. Or ciò non potrebbe addivenire, se la terra occupasse il centro del sistema, e se i due mentovati pianeti fossero avvolti ne' loro giri dall'orbe del Sole. Nella qual supposizione neppur potrebbero essi celarsi dietro al Sole, siccome scorgesi talvolta addivenire. 2.° La supposizione del giro diurno de' pianeti, giusta i due sistemi Tolemaico e Ticonico, è così lontana dal vero, che se ciò fosse, le stelle fisse, per esempio, le più prossime alla terra, dovrebbero descrivere un' orbita così enorme

nello spazio di 24 ore, che quand' anche la loro velocità si supponesse uguale a quella di una palla di cannone, che scorresse 600 piedi in ogni secondo di tempo, pure dovrebbero impiegarci undici milioni, trecento quarantanove mila anni per iscorrerla. Ciocchè intender si dee a proporzione ancor de' pianeti; laddove nel sistema Copernicano spiegansi benissimo siffatte apparenze mercè del solo giro della terra intorno al suo asse, di cui tra poco ragioneremo.

151. Fra tutti gli astri, che si aggirano in cielo, non v' ha che il Sole e le stelle, che sono in realtà fonti di luce, ossia risplendenti di lor natura, quello è destinato ad illuminare ad a vivificare tuttociò ch' esiste entro i limiti del nostro sistema, e queste forse per far l' uffizio di Sole ad altri pianeti, ossia ad altri mondi a noi ignoti, la cui esistenza non è affatto priva di verisimiglianza, siccome si può scorgere dalla graziosissima opera del Signor de Fontenelle, intitolota, *la Pluralità de' mondi*. Io non veggo cosa, che ci dia un' idea più viva e più sensibile dell' immensità dell' Altissimo, quanto l' esistenza di più mondi. E poi tutti i pianeti sì primarj, che secondarj, son corpi opachi a simiglianza della terra, e ricevono al par di quella il lor lume dal Sole: che anzi rivolgonsi anch' essi intorno al proprio asse oltre al moto nell' orbita; e si sa d' alouni esser la loro figura uno sferoide schiacciato, siccome vedremmo esser quella della terra; e d' esser circondati da una atmosfera, ond' è, che si suppone da parecchj Astronomi, che sieno forniti anch' essi de' loro

abitanti: non parendo neppur verisimile, che corpi di così immensa mole, collocati a sì prodigiose distanze, e che ci compariscono sì minuti, che alcuni fra essi sembrano poco più che punti luminosi, fossero stati destinati per noi. Oltreacchè qual servigio mai ha potuto recare agli uomini il nuovo pianeta, di cui non si è avuto idea per tanti migliaja di secoli, oppur erasi associato a minute stelle? Deponghiam dunque per poco cotanto orgoglio, e non presumiamo d' esser noi l' unico oggetto delle immense cose create.

152. I nominati sette astri (§. 148) diconsi pianeti dal greco vocabolo πλανητης *Planetes*, che significa *errante*, attesochè cambiano essi rispettivamente le loro distanze durante il lor corso, a differenza delle stelle, che si chiamano *fisse*, a motivo che ordinate in varj gruppi, che diciam *costellazioni*, ossia *asterismi*, serbano costantemente l' istesso ordine tra loro, e la medesima distanza. Sono elleno generalmente immobili, ad eccezione forse di un picciol numero, per rapporto al cui sito si sono ravvisati de' piccioli cangiamenti originati per avventura dalla scambievole attrazione de' corpi celesti, onde vengonsi alquanto a turbare gli uni con gli altri. La stella, in cui si è più sensibilmente ravvisato un tal cangiamento di sito, è *Arturo*, che si è scoperto approssimarsi al mezzodì circa 4 minuti nel tratto d'ogni secolo.

153. Dividonsi le stelle in sei classi, avendo riguardo all' apparente loro grandezza, ed al loro splendore; diconsi stelle della *prima grandezza* quelle, che ci sembrano le massime

fra tutte, e le più luminose; indi della *seconda*, *terza*, *quarta*, *quinta*, *e sesta grandezza*, secondochè appariscono più picciole, e meno sfolgoranti. Ed a'giorni nostri che se ne discerne un numero di gran lunga maggiore in virtù di eccellenti Telescopj, la mentovata divisione si è ragionevolmente innoltrata fino alla *decima* classe, ossia a quelle della *decima grandezza*. Non è fuor di ragione il credere, che siffatta differenza apparente venga originata dalla varia distanza, in cui trovansi collocate rispetto a noi. Ve n'ha di quelle, che diconsi *Nebulose*, per cagione che veggonsi sparse nel cielo alla guisa di macchie biancheggianti, ossia di stelle avvolte in una sorta di nebbia, e perciò fornite d'un debolissimo lume. Il Signor Herschel, cui rammenteremo tra poco, ne ha scoperto sino al presente più di due mila sconosciute per lo innanzi, mercè il suo nuovo telescopio di riflessione, lungo 40 piedi, e 4 in diametro, con cui si ravvisa esser elleno altrettanti gruppi di minutissime stelle. Della stessa natura ha egli scoperto similmente esser la *Via lattea*, detta da'Greci γαλαξια, *galaxias*, ovvero quel gran sentiere biancheggiante, e irregolare, che sporgesi nel cielo pressochè dall'austro all'aquilone. Ha egli rinvenuto non ha guari, che una fascia di cotesta via lattea, lunga soltanto 15 gradi, e larga 2, in sè contenea più di 50 mille stelle, visibili al segno di potersi annoverar distintamente, oltre ad un immenso numero di altre, che per la debolezza del loro splendore erano di tratto in tratto discernibili a stento mercè di un barlume. Col mezzo dell'indicato telescopio se

gli son fatte palesi più centinaja di stelle *doppie*, *triplici*, e *moltiplici*, le quali sembrano indicare esservi delle stelle al di sopra delle loro simili.

154. La distanza delle stelle dalla terra non si può in verun modo determinar con certezza, non avendo esse alcuna parallasse, donde poterla rilevare: però è assai probabile, in virtù di alcuni calcoli prudenziali, che ne sieno lontane più di sei bilioni di leghe. E qualor fosse vero un tal calcolo e la terra fosse immobile nel centro dell' universo, seguendo i sistemi di Tolommeo, e di Ticone, descriverebbero esse durante il lor giro diurno, più di 49 milioni di leghe in ogni minuto secondo. Nella stessa oscurità siamo eziandio per rapporto alla loro grandezza, cui certamente ignoriamo: alcune ragionate conghietture fanno ascendere il loro diametro a 33 milioni di leghe. Eppure anche col mezzo de' più eccellenti telescopj, non si veggono maggiori di un punto luminoso. Il loro numero è immenso, e fuori della portata dell' umana capacità: tuttavolta quelle, che si son ridotte a costellazioni, per essere le più rimarchevoli, fannosi ascendere a circa tre mila.

155. Il numero delle costellazioni giugne fino a cento; ed affinchè si possano più facilmente distinguere, e ritenere a memoria, si è diviso in tre parti tutto il cielo stellato, cioè a dire in *parte di mezzo*, che in sè comprende la fascia dello Zodiaco; dell'ampiezza di circa 18 gradi, ed in parti *boreale*, e *meridionale*, ossia ne'due emisferi delle stesse denominazioni. Le più insigni fra quelle di mezzo sono i

12 segni dello Zodiaco, di cui si ragionerà nell'articolo IV.

156. Il ripartimento delle stelle in tante costellazioni si è riputato assolutamente necessario, ad oggetto di poterle riconoscere più agevolmente, essendo elleno i punti fissi, a cui rapportansi dagli astronomi i moti de' pianeti, per poterli misurare, ed iscorgerne le ineguaglianze, non altrimenti che i varj punti del corso di una nave possono rapportarsi agli oggetti immobili collocati sul lido. Il qual paragone per altro è dell'intutto vero, e reale; conciossiachè il giro della terra, e de' rimanenti pianeti nell'immenso spazio mondano, che riguardar si dee come il loro oceano, non può rapportarsi che alle stelle, nè si può scorgere se non se paragonandolo ad essoloro. Per tal ragione se ne son formate delle Tavole, ossia de' cataloghi, ove trovansi esse disposte nelle vere loro rispettive situazioni, e contrassegnate con lettere greche, o latine, onde poterle distintamente divisare. Il primo a costruire un catalogo di tal genere, fu il celebre Ipparco nel cominciamento del secondo secolo dell' Era volgare. I più accurati, ed estesi, che abbiamo a' dì nostri, sono il *Catalogo Britannico* di Flamstedio, e quello del Signor de la Caille.

157. Le denominazioni attribuite alle costellazioni sono del tutto arbitrarie, ed inventate per eternar la memoria di soggetti favolosi, come sono Ercole, Perseo, Berenice, Andromeda, ec., oppure di stromenti utili alla Fisica, all' Astronomia, alla Navigazione, quali sono la macchina pneumaticha, il Telescopio, il Quadrante, la Bussola, ec. Altre portano il

nome di animali, benchè non ne rappresentino la forma; e sono la balena, il delfino, la giraffa, la lepre, ed altre tali. Ve n' han finalmente alcune poche, la cui forma somiglia in qualche modo all'espressione del nome; tali sono per esempio, la corona boreale, il triangolo, lo scorpione, il carro, ossia l'orsa maggiore, ec. Su di ciò merita di esser letta la celebre *memoria* del Signor Dupuis *sull' origine delle costellazioni*, inserita nel IV. Volume dell'Astronomia del Signor de la Lande, ove fassi ingegnosamente vedere, che tutte le antiche favole altro non sono salvochè allegorie astronomiche; e che i dodici segni dello Zodiaco furono inventati per rappresentare i dodici travagli di Ercole. In riguardo però ai segni dello Zodiaco sembra oltremodo ingegnosa, e plausibile la spiegazione, che ne dà il Signor de Pluche nell' ottavo Volume dello *Spettacolo della natura*, giusta il suggerimento indicato da Macrobio; cioè a dire, che le costellazioni dello Zodiaco erano il Calendario delle stagioni presso degli Egizj, di sortachè diedero essi il nome di leone, per esempio, a quella costellazione, in cui entrando il sole, fassi sentire il suo raggio colla massima forza; il nome di vergine a quella, allorchè le donzelle, seguíta la messe, andavano a spigolare; quello di Libra, ossia bilancia a quell' altro, allorchè le notti sono equilibrate co' giorni; e così de' rimanenti.

158. Vuolsi rammentar finalmente un fenomeno assai rimarchevole in rapporto alle stelle, qual'è quello che di tratto in tratto ne son comparse delle nuove, oppur ne sono sparite

talune, che già esistevano: è similmente avvenuto, che alcune altre si son vedute scemare di splendore, ed impicciolirsi a poco a poco. La più famosa tra le nuove stelle è quella osservata da Ticone Brahè nel 1572, la quale tuttochè fosse sfolgorante al par di Sirio, il cui splendore supera quello d'ogni altra stella, andò diminuendosi di mano in mano, finchè disparve dell'intutto nel 1574. Giova riscontrare su tal punto di *discorso* di Maupertuis *sulle diverse figure degli astri*, stampato in Parigi nel 1732,

159. Ve n'ha alcuni fra gli astri, i quali rivolgendosi nel cielo con moto proprio, e reale, soglionsi manifestare di tratto in tratto, e poichè son generalmente dotati di fulgida chioma, diconsi *comete*. Le qualità, e la situazione diversa di cotesta luminosa capellatura, la quale or le precede, ed or le siegue, e talvolta le circonda intorno intorno a guisa di zazzera, le ha fatto distinguere in *barbute*, *codate*, e *crinite*. Vi sono state però alcune comete, le quali scevre da ogni sorta di chioma, aveano l'apparenza di Giove, o di qualunque altro pianeta: tal fu quella, che manifestossi nel 1763. Parecchi fra gli antichi, seguiti poscia da varj illustri moderni, tra cui si annovera l'immortal Galilei, riputarono le comete altrettante meteore, generate nella nostra atmosfera; e quel ch'è più, il celebre Cassini fu di sentimento, che fossero formate dall'esalazione degli astri. Sono elleno però corpi opachi al par de' pianeti illustratti dal sole, e soggetti a fasi ugualmente; le quali non possono ravvisarsi di leggieri, a cagione delle atmosfere infocate; che li circondano. La co-

meta, che apparve nel 1680, essendo passata nel mese di Dicembre 166 volte più davvicino al sole di quel che la è la nostra terra, concepì un calore così smisurato, che riputossi da Newton 28 mila volte maggiore di quello, cui sogliam provare nel cuor della state. Il fondamento del calcolo si fu quello, che l'intensità del calor del sole è nella ragion reciproca de' quadrati delle distanze, ove trovansi que' corpi su di cui sono scagliati i suoi raggi.

160. La loro apparente grandezza varia d'assai; scorgendosene alcune non maggiori d'una stella fissa, dovechè altre pareggiano in diametro il pianeta di Venere, e talvolta anche il sole. Tali furon quelle, che apparvero dopo la morte di Demetrio Re di Siria, ed al nascer di Mitridate, l'ultima delle quali, al dir di Giustino, sfolgorava più del sole. La grandezza reale si è talvolta rinvenuta pareggiar quella di saturno, ed anche di Giove. Su 'l primo loro apparire par che corrano in linea retta a cader entro il sole; e dopo di essere rimaste per qualche tempo indiscernibili per cagion d'essere avvolte nel fulgore di quello, veggonsi comparir di bel nuovo, fregiate di coda assai più ampia, e sfolgorante, che dianzi. Indi discostandosene mano mano, e scemandosi corrispondentemente il loro splendore, scompariscono del tutto. Il loro giro per altro, quantunque si esegua intorno al sole, non vien compreso entro alla fascia dello Zodiaco al par di quello de'pianeti; ma segnando elleno sì l'eclittica, che le orbite planetarie ad angoli diversi, scorrono pel cielo per variati sentieri, con diversi gradi di rapidità, e a differenti distan-

ze; soggette però sempre alle stesse leggi, onde vien regolato il giro de' pianeti. Sono le loro orbite ellissi molto eccentriche, ossia allungate di molto (Veggasi la Fig. 5. della Tav. VI); onde avvien poi, che le comete dopo di essersi rendute visibili per qualche breve spazio di tempo, che a tenor delle osservazioni, che abbiamo, riducesi tutt' al più a sei mesi, dileguansi alla vista a poco a poco, facendo talvolta scorrer de' secoli prima di comparir di bel nuovo. Di fatti a tenor de' calcoli del Dottor Halley, la cometa comparsa nel 1682 era la stessa, ch' erasi manifestata antecedentemente nel 1607, e nel 1531, ed egli osò di predirne l'apparizione di bel nuovo nel 1759, come in fatto addivenne: della cometa, che apparve nel 1532, e poscia nel 1661, se n'è atteso di bel nuovo il ritorno, giusta i calcoli fatti, negli anni scorsi 1789, e 1790; ma finora non si è ancora veduta. A dir vero, il Signor Méchain in una sua memoria inserita negli Atti dell' Accademia delle Scienze di Parigi, ha fatto vedere, che l'identità di coteste due comete è molto dubbiosa; e 'l Signor de la Lande avea già congetturato, che il ritorno della cometa, di cui si ragiona, poteva riuscire invisibile, qualora il suo perielio fosse avvenuto nel mese di Luglio.

Tav. VI. Fig. 5.

161. La natura delle code delle comete ci è del tutto ignota, essendosi spacciate parecchie idee insussistenti per rapporto alle medesime. Newton è di opinione, ch' esse altro non sieno, che un leggerissimo vapore sollevato dal corpo delle stesse comete, sia per virtù dell' impulso de' raggi solari, sia per la ra-

refazione prodotta dal calore nelle loro atmosfere, e quindi illustrato dal sole. Corrispondentemente a ciò abbiam di sopra osservato, che siffatte code (le quali estendonsi talora in lunghezza per più di 90 gradi, siccome osservossi in quella, che apparve nel 1697) rendonsi più ampie, e più sfolgoranti, qualor le comete son più prossime al sole; ed or soggiugniamo esser elleno sempre opposte al sole medesimo. Erasi ciò conosciuto da parecchi antichissimi Filosofi; ed è cosa da far meraviglia, che Seneca, il quale impiegò tutto il libro VII. delle sue *Quistioni naturali* a ragionar sulle comete, ne parla con tanta sublimità, e quasi in modo, che meglio forse non potrebbe ragionarne un Filosofo moderno.

162. La comparsa delle comete è stata per più secoli oggetto di terrore, riguardandosi generalmente dal volgo come un presagio di guerra sterminatrice, di orrenda peste, o d'altri luttuosi disastri. Ecco come esprime siffatto pregiudizio l'incomparabil Torquato nel libro settimo della sua Gerusalemme liberata:

Qual con le chiome sanguinose orrende
Splender cometa suol per l'aria adusta,
Che i Regni muta, e i fieri morbi adduce,
Ai purpurei Tiranni infausta luce.

A' dì nostri però si riguardano come tanti pianeti, che si aggirano in orbite particolari.

163. Newton fu d'avviso essere le comete destinate a due usi principalissimi; cioè a dire ad esser di tratto in tratto assorbite dal sole per servirgli di pabolo, e rinfrancarlo così della perdita enorme, a cui soggiace per la perenne emission della sua luce; ed a versare nella

nostra atmosfera di tempo in tempo, qualor le passin molto davvicino, una parte di quel vaporoso nembo, onde vengon formate le loro code, affin di rimpiazzare quella inestimabile quantità di umore, cui la terra trasfonde alla giornata nella schiera immensa de' vegetabili, la cui sostanza passando in ultimo, in forza della putrefazione, a convertirsi in terra, aumenterebbesi questa fuor di modo nell' atto che la massa de' fluidi si andrebbe scemando di giorno in giorno. Converrebbe consultare la Teoria della terra escogitata da Whiston e da Buffon, per poter aver idea de' grandiosi cangiamenti cagionati alla terra medesima, ed all' intiero nostro sistema, in virtù di comete, cui han finto essere strisciate di presso non meno alla terra, che al sole. Checchè ne sia di coteste bizzarre supposizioni, certo si è, che le comete potrebbero esser disturbate nella varia loro carriera dall' attrazione de' pianeti già indicata (§. 152); e quindi passando in gran vicinanza della terra, o anche de' rimanenti pianeti, cagionar potrebbero qualche sorta di sconvolgimento nell' attuale sistema dell' universo. Su di ciò merita di esser letta la memoria pubblicata dal Signor de la Lande nel 1773, intitolata *Riflessioni sulle comete, che possono avvicinarsi alla terra*. Il loro numero è assai grande: v' ha chi crede, che ve ne sieno oltre a 300: quelle però, di cui son calcolate le orbite, fannosi ascendere a 74, e può vedersene il catalogo, parte nel libro XIX dell' *Astronomia* del citato Signor de la Lande, e parte ne' supplementi annessi al IV volume della medesima opera.

ARTICOLO III.

De' pianeti in particolare, della loro natura, grandezza e distanza dalla terra, e de' loro moti periodici.

164. Il sole, ond' è occupato il centro sensibile del nostro sistema, è un globo immenso di luce, il quale dotato dall'Onnipotente d'una prodigiosa, ed immensa forza attrattiva, trae a sè efficacemente tutt'i corpi celesti, e se li fa rivolger d'intorno in varie distanze, ed in orbite elittiche non molto diverse da cerchi, giusta le leggi dichiarate negli articoli antecedenti. Laonde a ben ragionare non è egli un pianeta, ma riguardar si dee come una stella fissa. Non è possibile di determinare, se nella massa del sole sievi della materia combustibile, ch' arde perennemente, oppure se sia composto di pura materia ignea. E' bello il vederlo per mezzo di un telescopio di mediocre ingrandimento, la cui lente oculare ricuopresi con un cristallo annerito, affinchè i suoi raggi non offendano punto l' occhio dello spettatore. Comparisce egli allora come un globo infocato scevro d'ogni splendore. Il suo diametro uguaglia a un di presso 319 mila, 314 leghe comuni di Francia, ciascuna delle quali è poco più di due miglia, e mezzo d' Italia. La sua grandezza, ossia il suo volume, supera di un milione e 400 mila volte quello della nostra terra; e la sua distanza *media* dalla medesima si è calcolato ascendere a 34 milioni, 357 mi-

la, 480 leghe. All' intorno del suo disco si ravvisano alcune macchie di color nero, e di forma irregolare e variabile, delle quali ignoriam la natura; e dal cui moto si è giunto a scuoprire, ch' egli si aggira intorno al suo asse nello spazio di 25 giorni, 14 ore, ed 8 minuti. Il Signor de la Lande seguíto da altri Astronomi illustri tien ferma opinione, che il sole oltre all' aggirarsi intorno al proprio asse, abbia eziandio un movimento di *traslazione* nello spazio celeste, traendo, e trasportando seco nel tempo stesso tutt' i pianeti; ma che un tal fenomeno, da cui deriveranno coll' andar de' secoli conseguenze importantissime, non si potrà da noi ravvisare, se non quando l' intiero sistema sarà tanto avanzato verso questa, o quella parte del cielo, che ci potremo accorgere della maggior vicinanza delle stelle fisse in quella tal parte. Concordemente a ciò pretende Herschel, che siffatto avanzamento, tuttochè lentissimo, sia effettivamente addivenuto, e prosiegua tuttavia verso la costellazione di Ercole.

165. Il pianeta più prossimo al sole è Mercurio, per esserne discosto 13 milioni, 299 mila, 739 leghe. Dal che si deduce, che lo splendore, e 'l color del sole debbano esser quivi sette volte più gagliardi, che sulla nostra terra, essendo l' attività della luce, e del calore nella reciproca ragione de' quadrati delle distanze (§. 77), come dimostreremo a suo luogo; e che gli abitanti di Mercurio, se pur ve ne sono, debbono vedere il sole sette volte più grande di quel che noi lo veggiamo: inoltre la loro costituzione esser dee molto diversa

dalla nostra, per poter resistere ad un grado di calore così intenso. Il vivacissimo splendor del sole, in cui è avvolto, non ce lo rende molto visibile; nondimeno però possono ben distinguersi le sue fasi, qualor si trova nella parte inferiore della sua orbita. Ha egli 1166 leghe di diametro: il suo volume è la quindicesima parte di quello della terra, e la sua distanza media dalla medesima pareggia quella del sole (§. 164), intorno al quale esegue egli il suo giro nello spazio di 87 giorni, 23 ore, ed alcuni minuti, scorrendo 39 mila, 584 leghe per ora. Dal che ne siegue, che il suo anno è circa la quarta parte del nostro.

166. A Mercurio sovrasta Venere, il più luminoso fra tutt'i pianeti dopo la Luna. E' egli lontano dalla terra in tempo della sua distanza media, quanto la terra è dal sole; che val quanto dire più di 34 milioni di leghe. Il suo diametro è di 2748 leghe, e il suo volume è della nona parte più picciolo della terra; esegue poi il suo giro intorno al sole in 7 mesi, 14 giorni, e 17 ore, scorrendo 28 mila, 953 leghe per ogni ora. Il suo moto di ruotazione intorno all'asse si fa nell'intervallo di 23 ore, giusta il sentimento di Cassini, il quale lo rilevò mercè delle macchie da essolui osservate sul disco di un tal pianeta: ed è cosa notabile, che nè egli, nè Mercurio trovansi giammai in opposizione col sole: che val quanto dire, che tra essi, e il sole non si scorge giammai frapposta la terra: hanno bensì due congiunzioni con quello; una *inferiore*, qualora si veggono al di là del sole, e l'altra *superiore*, quando trovansi collocati fra il sole

e la terra. Ciocchè dimostra ad evidenza di esser le loro orbite avvolte da quella della terra, e quindi esser falso il sistema di Tolommeo (§. 147). Per concepire chiaramente la forza di siffatte pruove, gioverà dare un'occhiata alle Figure 2, e 3 della Tavola V, o anche meglio alla Fig. 5 della Tav. VI.

Tav. V. Fig. 2. 3.

Tav. VI. Fig. 5.

167. Il pianeta di Venere è soggetto a fasi ugualmente che la luna, scorgendosi ora ellittico, ed or falcato. Sono elleno visibilissime anche col mezzo di telescopj di mediocre ingrandimento, nè potrebbero avvenire, qualora l'orbita di Venere avvolgesse in sè la terra, e si trovasse collocata fra il Sole e Mercurio, giusta il sistema Tolemaico, ond'è, che Galilei (da cui furono osservate per la prima volta nell'anno 1610, allorchè seguì la pregevolissima scoperta del Cannocchiale) riguardolle come una pruova evidente del sistema Copernicano (§. 148). La cagione, che produce le dette fasi, non è punto diversa da quella, che genera le fasi lunari, di cui or ora darem la spiegazione.

168. Il pianeta di Venere è compagno indivisibile del sole, da cui si discosta tutt'al più per 48 gradi; ed avviene, ch'or lo precede, ed or lo siegue. Dopo di esser seguita la sua congiunzione inferiore, fassi egli veder nel cielo presso all'Oriente innanzi del levar del sole: prende egli allora la denominazione di *Lucifero*, di *Fosforo*, oppure di *Stella del mattino*, laddove dicesi *Espero*, ovvero *Stella vespertina* qualor comparisce la sera verso l'Occidente dopo il tramontar del sole.

169. Siccome l'orbita di Venere interseca in

due punti l' eclittica, ossia la traccia percorsa apparentemente dal sole; avviene talvolta, e propriamente allorchè Venere trovasi in uno de' detti punti d' intersezione (che diconsi *nodi*), ch'ella veggasi passare sul disco solare a guisa di una macchia nera, e rotonda. Questo è ciò, che dicesi *passaggio di Venere*; di cui fanno grand' uso gli Astronomi per rinvenire la parallasse di Venere; e quindi la distanza sì del sole dalla terra, che di tutti i pianeti fra loro, e dal sole medesimo; la qual cosa intenderassi meglio tra poco, allorchè si verrà a ragionare della parallasse. Un tal passaggio però succede assai di rado: i due ultimi avvennero nel 1761, e 1769, e parecchi Astronomi furono spediti a varie parti del mondo per poterlo osservare. Con tal mezzo ci si renderono note accuratamente le mentovate distanze. Il primo passaggio in avvenire succederà nel 1874.

170. Il pianeta di Venere, e quel di Mercurio diconsi *pianeti inferiori*, attesochè le loro orbite trovansi avvolte da quella della terra, a differenza de' rimanenti pianeti, che si denominano *superiori*, per cagione che le loro orbite sovrastano all' orbita terrestre.

171. Siegue a Venere la terra, la cui distanza dal sole si è già dichiarata di sopra (§. 164). Ha ella 2865 leghe di diametro, e descrive il sentiere dell' eclittica in 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti, scorrendo 24 mila, 629 leghe per ora. Mercè il suo moto diurno intorno all' asse, di cui ragioneremo tra poco, gli abitanti dell' equatore scorrono 238 tese in ogni minuto secondo: il qual cammino dif-

ferisce di poco da quello, che suol fare la palla di un cannone da 24 nel primo secondo. Della sua figura, e delle importanti conseguenze, che ne derivano, parleremo più opportunamente in altro luogo.

172. La terra è circondata dalla Luna, ch'è un pianeta secondario, come si è già detto (§. 147.). Ha ella 782 leghe di diametro; il suo volume è quarantanove volte minore di quello della terra, da cui è lontana 86 mila 324 leghe. Che però è ella 400 volte meno distante dalla terra, che il sole. Fa ella il suo giro intorno alla terra stessa in 27 giorni, 7 ore, e 43 minuti, rivolgendosi nel tempo medesimo insiem colla terra all'intorno del sole. Questo è ciò, che dicesi *mese periodico*: ma siccome dopo di aver ella terminato intieramente un tal corso, non ritrova la terra nel punto, ove l'avea lasciata nel cominciarlo, per esser quella avanzata nella sua carriera mercè dell' annuo suo movimento, fa mestieri, ch'ella v'impieghi altri 2 giorni, 5 ore, 1 minuto, e 3 secondi per raggiugnerla o per meglio dire per porsi di bel nuovo fra la terra, e 'l sole. Or cotesto sovrappiù, aggiunto al mese periodico accennato di sopra, forma lo spazio di 29 giorni, 12 ore, 44 minuti, e 3 secondi, che si denomina propriamente *mese sinodico* della luna, ossia *lunazione*, essendo l'intervallo di tempo, che si frappone fra la nuova luna, e l' altra consecutiva. Non v' ha cosa, che rappresenti più al vivo i mentovati due mesi lunari, quanto gl' indici di un oriuolo. Collocate l'indice delle ore su 'l numero XII del quadrante, e quello de' minu-

su 'l numero 60; ed immaginatevi d' esser ello il sole, e questa la luna. Quando l'indi- de' minuti, scorsa che sia un' ora, ritornerà bel nuovo su 'l numero 60, l' indice delle sarà già avanzato al numero I, sicchè do- à quello scorrere più di cinque altri minuti r poterlo raggiungere.

173. Il cammino orario della luna è di 828 che. E' cosa osservabile, ch'ella esegue il suo to intorno al proprio asse nell' istesso tem- precisamente, in cui si rivolge intorno al- terra: dal che ne avviene, che tien sem- rivolta a questa la medesima faccia. D' al- onde i moti della luna sono così complicati, irregolari, ch' eludono la perspicacia, e la igenza de' migliori Astronomi moderni, che possono giugnere in verun modo a deter- marli colla dovuta precisione ed accuratezza. questa un'antica doglianza, cui Plinio ram- menta elegantemente nel libro II. della sua *Sto- ria Naturale* in questi termini: *multiformi hæc mbage torsit ingenia contemplantium, et pro- imum ignorari maxime sydus indignantium.*

174. E' agevole il ravvisar nella luna, an- che col mezzo de' telescopj ordinarj, parecchie avità, e prominenze considerabili. Veggonsi queste talvolta cangiar di aspetto, secondochè sono illustrate diversamente dal sole, e non son altro che monti, valli, e piane contrade, e forse anche mari. Varj Astronomi le hanno rappresentate al vivo formandone delle Carte, dette *Selenografiche* (giacchè in greco σεληνη *selene* vuol dir luna), e non altrimenti che la superficie della terra vedesi rappresentata sulle carte geografiche. Hevelio ne ha pubbli-

calo delle eccellenti nella sua *Selenografia*, ove scorgesi l' apparenza non solo della luna piena, ma anche di tutte le sue fasi. Quella di Cassini è parimente pregevolissima. Noi nella Figura 1 della Tavola VII abbiamo rappresentato la luna piena giusta le osservazioni del Signor de la Lande. Il P. Riccioli assegnò a' monti lunarj varj nomi d' uomini illustri, cioè a dir di *Copernico*, *Ticone*, *Galilei*, *Aristarco*, ec.; laddove Hevelio diede loro la denominazione di *Monte Sinai*, *Monte Tauro*, *Monte Porfirite*, ec., ed alle macchie ombreggiate quella di *Mare Iperboreo*, *Mare della Tranquillità*, *Mare della Serenità*, ed altre tali.

Tav. VII. Fig. 1.

175. Il misurar l' altezza de' monti lunari riesce agevolissimo agli Astronomi paragonandola al raggio della luna. Il primo a misurarla fu l'insigne Galilei dopochè costruì per la prima volta il cannocchiale, ma le misure posteriori di Hevelio si reputano più esatte. Il monte Porfirite, ossia l'Aristarco del P. Riccioli, riputossi da Hevelio un vulcano estinto; e benchè questa idea d' esservi de' vulcani nella luna abbia potuto fin al dì d'oggi sembrar romanzesca a taluni, ora però, che il Signor Guglielmo Herschel ha inventato un nuovo telescopio, il cui ingrandimento supera di gran lunga quello di tutti gli altri finora conosciuti, poichè aumenta il diametro degli oggetti presso a sette mila volte, par che la cosa abbia acquistato un' aria di soda verità. Di fatti oltre a parecchie altre interessanti scoperte da lui fatte nel cielo, ha ravvisato egli, non ha guari, tre vulcani nella luna, due de' quali

scorgesi d'essersi estinti, e 'l terzo getta attualmente delle fiamme, ed una gran lava infuocata. La sua grandezza supera di molto quella del nostro Vesuvio: il diametro del *cratere* da esso lui misurato fassi ascendere a tre miglia, e la lunghezza della lava è di sessanta. Merita d'esser consultata la sua Memoria, inserita nelle Transazioni Anglicane per l'A. 1788. L'anzidetto insigne scuopritore di nuovi mondi nacque in Hannover nel 1738. Dopo di aver servito in un Reggimento Hannoverese, trasferissi nell'Inghilterra, ed andò a stabilirsi nella città di Bath in qualità di professore di musica, ch' egli avea naturalmente appreso. Quivi tratto da violente passione per l'Astronomia, e per l' Ottica, per forza di genio, e senza verun maestro, si ha aperto un nuovo e luminoso sentiere alla gloria, costruendo nuovi telescopj, e consecrandosi interamente alle osservazioni astronomiche. Oltre al telescopio di 20 piedi, con cui si ha renduto più estesa la cognizione del cielo, ne ha egli costrutto un altro recentemente, ch' è cagion di stupore, essendo della lunghezza di 40 piedi, e di presso a 4 piedi di diametro. Ha egli già incominciato a far con esso delle grandi scoperte, e non v' ha dubbio, che sotto i gloriosi auspicj del gran Monarca Britannico ci procurerà in appresso delle cognizioni più estese, e più precise intorno a' corpi celesti.

176. Da tutte le osservazioni praticate intorno alla luna sembra ormai deciso, ch'ella non sia circondata da veruna atmosfera: è certo almeno, che la medesima non è così densa come la nostra; giacchè altrimenti non potremmo

della terra, che val quanto dire l' ec-
, dovrebbesi ella immancabilmente ec-
re in ogni Plenilunio; imperciocchè es-
o ella in quel tempo in opposizione col
il corpo opaco della terra, che si trova
mezzo, intercetterebbe il lume solare; e
ndo la sua ombra sopra la luna, andreb-
oscurarla; ch' è quel che dicesi *Ecclis-*
se. Così d' altra parte verrebbesi ad ecclissare
il sole in ogni Novilunio, a motivo che la lu-
na ritrovandosi allora in mezzo fra la terra
ed il sole intercetterebbe i raggi solari, e cuo-
prirebbe colla sua ombra la faccia della terra,
ch'è quella che in realtà si ecclissa qualor di-
ciamo ecclissarsi il sole, ch'è il fonte della
luce. Tuttociò apparisce chiaro nella Figura 6
della Tavola V, ove C rappresenta la luna in
congiunzione col sole, ed X la sua ombra este-
sa fin sopra la terra; indi G la luna in oppo-
sizione col sole, e Z l'ombra della terra, che
ricuopre, e fa oscurare la luna. Or tali ecclis-
si non accadono, se non quando i detti pia-
neti incontransi appuntino, ovvero a un dipres-
so, nella direzione de' *Nodi*, o vogliam dire
de' punti S, T, ove l' orbita della terra, ossia
l' ecclitica M N O, tagliasi a vicenda coll' orbi-
ta lunare P Q R. In distanza notabile da cota-
li punti, come sarebbe in A, in R ec., non può
la terra impedire che la luce solare venga tra-
mandata al globo della luna, nè questa vietare
che la luce medesima venga scagliata sulla ter-
ra, essendo le loro orbite in due piani diversi.

Tav. V. Fig. 6.

179. Nel modo che abbiam dimostrato suc-
cedere gli ecclissi e le fasi della luna, avven-
gono similmente quelli degli altri pianeti.

180. In tempo che la luna comincia la sua crescenza, ossia due o tre giorni dopo il Plenilunio, accade un fenomeno singolarissimo, qual è quello, che oltre alla porzione del suo lembo, ch' è vivamente illuminata, scorgesi tutto il rimanente del suo disco illustrato da una luce debolissima, tale però da poter chiaramente discernere il disco medesimo. A dir vero si è ignorata per lungo tempo la cagione di un tal fenomeno; ora però convengono gli Astronomi, che ciò derivi dalla luce solare rimbalzata dalla terra sul globo della luna, nella guisa appunto che lo splendor della luna vien rimbalzato sulla nostra terra. Ed in fatti il globo terrestre illustrato dal sole sembrar dee agli abitanti lunari, se pur ve ne sono, come una grossa luna, tredici volte più grande e più luminosa della luna medesima, la cui superficie è tredici volte minore di quella della terra. Al che si aggiugne, che in tempo della luna crescente trovasi ad esso rivolto tutto l'emisfero terrestre illuminato dal sole. Laonde non è meraviglia, che una luce sì copiosa e sì viva, tramandata sul disco tenebroso della luna, ce lo faccia scorgere debolmente rischiarato, come si è detto (*a*).

181. Marte è superiore alla terra, da cui è lontano 52 milioni, 350 mila, 240 leghe; ond'è, che i suoi abitatori vedrebbero il sole quasi per metà più picciolo di quel che a noi apparisce; e la sua luce, ed il suo calore pro-

---

(*a*) Intorno alla debole efficacia de' raggi lunari, ed alla notabile grandezza, onde la luna si manifesta nel suo nascere, ragioneremo più opportunamente nella Lezione *sulla Luce*.

dotto dal sole sarebbero parimente quasi la metà del nostro; e propriamente come 4 a 9, che sono i quadrati di 2, e tre, ossia delle distanze proporzionali della terra, e di Marte dal sole (*a*). Ha egli 1695 leghe di diametro: il suo volume è la settima parte di quello della terra; e scorrendo l' annua sua orbita in un anno, 321 giorni, e quasi 23 ore, fa un cammino di 19 mila, 944 leghe per ora. E' manifesto il suo moto intorno al proprio asse, il quale osservato da Cassini, e da Maraldi, mercè le macchie esistenti su 'l corpo del pianeta, si è rinvenuto eseguirsi nello spazio di 24 ore, e poco più di 39 minuti.

182. Lo splendor di Marte è alquanto rosseggiante, onde distinguesi agevolmente dagli altri pianeti. Ciò induce gli Astronomi a credere d'esser egli avvolto da un'atmosfera molto densa, atta a rifrangere poderosamente i suoi raggi; tanto vieppiù che le stelle talvolta passando lungo il suo disco, veggonsi oscurarsi notabilmente, tutt' altrimenti da ciò che abbiam detto (§. 176) succedere rispettivamente alla luna. E' egli soggetto a fasi al par della luna; e noi lo scorghiamo *pieno* sì nella congiunzione, che nell' opposizione col sole. E' da riflettersi, ch' essendo egli in opposizione col sole, trovasi realmente più vicino alla terra, che nella sua congiunzione; ed è questa una pruova dimostrativa della falsità del

(*a*) L' efficacia della luce, e del calore, è nella ragione inversa de' quadrati delle distanze, siccome dimostrerassi a suo luogo.

Sistema Tolemaico; imperciocchè un tal fenomeno non può addivenire, se non che nel Sistema Copernicano, siccome scorgerassi facendone l' applicazione sulla Fig. 3 della Tavola V. Nel Sistema Tolemaico la distanza di Marte dalla terra sarebbe la medesima sì nella sua opposizione, che nella congiunzione col sole, siccome apparisce dalla Fig. 2 della Tavola testè citata.

Tav. V. Fig. 3.

Tav. V. Fig. 2.

183. Non si comprende per verità, come Marte non sia fornito di alcun satellite, quandochè la terra, ch' è più prossima al sole, ne ha uno, e gli altri pianeti superiori ne hanno anche di più. La notte dunque in Marte esser dee sempre tenebrosa, o la natura ha dovuto provvederlo d' altri mezzi per poterlo rischiarare in tempo di notte. Scorgonsi nel suo disco alcune fasce assai tenui, parallele al suo equatore, come altresì differenti macchie; il cui aspetto vedesi di tratto in tratto cangiar sensibilmente.

184. A Marte sovrasta Giove, ch'è il massimo fra tutt' i pianeti, siccome era fra i Gentili il massimo tra gli Dei. E' egli discosto dalla terra 178 milioni, 693 mila, 550 leghe; dimodochè è cinque volte più distante dal sole di quel che è la nostra terra; e quindi la grandezza, e 'l calor del sole debbono esser quivi 25 volte minori di quel che si manifestano a noi (*a*). Il suo diametro e di 31 mila, 118 leghe; e perciò il suo volume supera di 1300 volte quello della terra. Il suo moto

(*a*) Veggasi la nota antecedente.

periodico e di 11 anni, 317 giorni, descrivendo in ogni ora lo spazio di 10 mila, 793 leghe. La rotazione intorno al proprio asse si fa in 9 ore, e 56 minuti, giusta le osservazioni di Cassini, e Maraldi. Da siffatta rapidità di rivolgimento deriva quindi lo schiacciamento notabile, che si ravvisa nel globo di Giove, le cui parti equatoriali sollevansi considerabilmente per virtù della forza centrifuga. Si è in fatto rilevato, che il diametro, che passa pe' suoi poli, è a quello del suo equatore, come 13 a 14. E' cinto il suo disco da parecchie fasce parallele, alquanto più luminose del disco stesso; ma la lor natura non si è ancora esattamente investigata. Furono esse scoperte per la prima volta in Napoli da due Padri Gesuiti. Nevvton le credè derivate dall'atmosfera di Giove: certo è, ch' esse veggonsi cangiar sovente di grandezza, di forma, e di numero, ed osservansi sparse di varie macchie anche variabili. Gioverà scorgerne la forma, che hanno in generale, nella Fig. 2. della Tavola VII.

Tav. VII. Fig. 2.

185. Giove è fornito inoltre di quattro lune, o vogliam dire *satelliti*, invisibili ad occhio nudo, scoperti dal nostro Galilei nel 1610, i quali in varj tempi, e in diverse distanze gli si aggirano intorno. Ciascuno può immaginare qual grazioso, e variato spettacolo debbono cagionare siffatte lune agli abitanti, che si suppongono in Giove. Non convengono gli Astronomi in rapporto alla loro grandezza: secondo i calcoli di Cassini, e Maraldi, i loro diametri, benchè disuguali, pareggerebbero a un di presso la metà di quello della terra.

All' opposto risulta dalle osservazioni di Whiston, che il primo satellite è poco più grande di Marte; che il secondo uguaglia Mercurio; che il terzo è quasi uguale alla terra; che il quarto finalmente, minore di tutti, non è maggiore della luna. Gli ecclissi frequenti, a cui soggiacciono siffatti satelliti durante la loro breve rivoluzione intorno a Giove, sono di un uso grandissimo agli Astronomi per determinare la differenza di longitudine (*a*) tra i varj paesi della terra, e quindi la loro distanza; onde poi si son ridotte le carte geografiche a quel grado di perfezione, cui certamente non avrebbero conseguito mercè di qualunque altro mezzo finora conosciuto. Piacciavi d' immaginare, ch' essendo io in Napoli, abbia osservato, che un dato ecclisse d' uno de' mentovati satelliti sia accaduto alle ore 5 della mattina, dovechè un Astronomo dimorante in Londra abbia osservato, o rilevato dalle Tavole, essere quello avvenuto alle ore 5 e 59 minuti: siffatto divario di 59 minuti di tempo fra le due osservazioni darà un sicuro argomento, che la differenza di longitudine tra Napoli, e Londra è di 14 gradi, e 45 minuti, assegnandosi 15 gradi per ogni ora di tempo, ed un grado per ogni quattro minuti. Ragionate in simil guisa d' altri casi di simigliante natura. La ragione si è, che rivolgendosi la terra intorno al suo asse nello spazio di 24 ore; che val quanto dire, trapassando ella in giro 360 gradi nel detto spazio

---

(*a*) Della longitudine, e latitudine de' luoghi si tratterà più opportunamente nell' Articolo seguente.

di tempo, in ogni ora fassi la rivoluzione di 15 gradi del suo equatore intorno al sole; e quindi la differenza del mezzogiorno (e così delle altre ore) tra que' luoghi della terra, i cui meridiani sono distanti 15 gradi l' un dall' altro, equivale ad un' ora. Da qui deriva l' ordinaria pratica degli Astronomi di convertire le ore in gradi, ed al contrario.

186. Siegue a Giove il pianeta di Saturno, la cui distanza dalla terra è di 327 milioni, 748 mila, 720 leghe. Laonde essendo egli presso a dieci volte più distante dal sole che la terra medesima, il sole veduto da Saturno apparir dee presso a cento volte minore di quel che noi lo veggiamo; e quindi la luce e 'l calor del sole debbono esser parimenti cento volte minori che nella nostra terra (§. 181). Ma non dovrà egli per questo riputarsi privo di abitanti: ciò sarebbe ugualmente irragionevole, che se un abitatore della Zona torrida s' immaginasse disabitata la Lapponia, per cagion del gran freddo, che ivi regna. La natura è fecondissima di mezzi per dare agli animali la struttura, e la costituzione conveniente al clima, ove li destina passare i loro giorni. Chi fa vivere i pesci nell' onde e dà il potere a' volatili di fender rapidamente l' aria a volo; chi fa vivere l' algente Lappone ugualmente bene, che l' abbronzito Africano, sa ben ritrovar la maniera di render comoda la vita a' gelidi abitanti di Saturno. E chi sa mai, se non possono a ciò contribuire le sue sette lune, destinateglisi provvidamente a tal uopo?

187. Il diametro di Saturno è di 28 mila, 601 lega; e la sua grandezza supera di mille

volte quella della terra. Ad onta però di sì enorme massa, è tale la sua distanza da noi, che a vederlo sembra quasi una stella, e tramanda una luce assai debole. Dalle recentissime osservazioni di Herschel venghiamo vieppiù assicurati 1.° esser egli depresso ne' suoi poli, ed elevato nell'equatore, talmentechè il diametro equatoriale è al polare, come 11 a 10. 2.° esser egli verisimilmente fregiato d' un' atmosfera, ed aggirarsi intorno al proprio asse al par di Giove. La sua rivoluzione periodica si fa in 29 anni, 177 giorni, scorrendo 8 mila e 13 leghe nello spazio di ogni ora. E' fornito anch' egli di lune, ossia di satelliti, al numero di sette, uno de' quali fu scoperto a bella prima da Hugenio nel 1655, altri quattro furon ravvisati da Cassini negli anni 1671, 1672, 1684, e i due rimanenti da Herschel nell' anno 1788. Essendo questi due più prossimi degli altri al loro pianeta, di ragione denominar si dovrebbero *primo* e *secondo*; diconsi però *sesto* e *settimo*, per essersi ravvisati gli ultimi.

188. Saturno è cinto inoltre da un anello d' un' immensa grandezza, alquanto spianato, e concentrico al suo corpo; il quale anello benchè notabilmente discosto dal disco di Saturno, si mantiene ivi equilibrato per forza di gravità; nella guisa medesima che un cerchio di solido metallo, che attorniasse il globo terracqueo in qualche distanza, vi si manterrebbe sospeso ed immobile, per la ragione, che tutte le sue parti tenderebbero *simultaneamente* verso il centro terrestre, senza poterglisi giammai accostare; di fatto perchè alcune se gli accostassero, converrebbe, che altre se ne al-

lontanassero, ciocchè è contro la legge di gravità. Per iscorgere la forma, e 'l modo, onde cinge il pianeta, veggasi la Fig. 2 della Tavola VI. Il diametro di siffatto anello è a quello di Saturno come 7 a 3; e la sua larghezza uguaglia presso a poco $\frac{1}{3}$ del diametro del mentovato pianeta. E' egli atto a ricevere la luce del sole, e quindi a farla rimbalzare su 'l corpo di Saturno. Qualor la sua faccia tenebrosa, o il solo lembo debolmente illustrato dal sole, rivolgesi alla terra, rendesi egli del tutto invisibile, siccome avvenne a' 20 di Ottobre del 1789, ed a' 17 di Giugno dell' anno 1805, e siccome accaderà di bel nuovo nell' anno futuro 1819 a' 6 di Aprile. Cotale occultazione dura circa un mese, non iscorgendosi, che il globo di Saturno, ed un tal fenomeno dicesi *fase rotonda*. Cotesto anello fu ravvisato per la prima volta dal gran Galilei nel 1612; Hugens poscia coll' andar degli anni ne determinò precisamente la forma; giacchè prima di lui chi s' immaginava di vedere due *anse*, ossia due manichi aderenti lateralmente al corpo di Saturno, e chi credeva, che vi fossero quivi due corpi rotondi, o due satelliti. Tutte le osservazioni praticate recentemente da Herschel concorrono a dimostrare aver egli un moto di rotazione intorno a sè stesso, e compierlo nello spazio di 10 ore, 32 minuti, e circa 15 secondi. Questo Astronomo insigne ha benanche ravvisato esser cotesto anello diviso nel mezzo, e composto, diciam così, di due piani concentrici in siffatta maniera, che per l' intervallo tra essi frapposto possono talvolta scorgersi le stelle. Attesa l' enorme distanza di Saturno,

Tav. VI. Fig. 2.

si l'anello, che i Satelliti non si possono ravvisare, se non col mezzo di telescopj di un notabile ingrandimento.

189. Il pianeta di Saturno soffre delle grandi irregolarità nel suo movimento; ciocchè attribuir si dee non solo all' attrazione de' suoi satelliti, e del suo anello, ma eziandio a quella di Giove, che gli è sottoposto.

A' sette pianeti primarj annoverati nell' Art. III. della Lezione III. conviene ora aggiugner l'ottavo, scoperto dall' illustre P. Piazzi nell'anno 1801 dall' Osservatorio R. di Palermo, e da esso lui denominato *Cerere Ferdinandea*. La sede di cotesto pianeta è fra Marte e Giove. Il signor la Lande gli assegna il diametro di 600 leghe; ma il P. Piazzi crede, che sia di 1140. La sua rivoluzione tropica si è calcolata di 1681 giorni, 12 ore, 9 minuti. Keplero avea congghietturato l'esistenza di cotal pianeta. Siffatta idea prese maggior voga nell' anno 1772, massime presso gli Astronomi Bodo, e il Barone di Zach. Il P. Piazzi ne ha stabilita col fatto la realtà, ed il pianeta da sè scoperto è stato osservato dagli Astronomi d' Inghilterra, di Francia, di Germania, di Prussia, d' Italia ec.

190. Il più elevato fra tutti è il *nuovo pianeta*, scoperto per la prima volta nel 1781 dal rammentato Herschel (§. 175). V' ha chi crede con ragione esser egli la supposta stella, notata col numero 964 nel Catalogo di Tobia Mayer, e da lui osservata fin dall' anno 1756. Ravvisò Herschel cotal pianeta nella fascia dello Zodiaco mercè del primo suo telescopio di riflessione di 7 piedi di foco, il quale ingrandisce l' oggetto presso a sei mila volte; e lo de-

TAVOLA

Ove sono registrati i diametri, le grandezze, le distanze e i tempi periodici de' Pianeti.

Pianeti	Loro Diametri in leghe	Loro grandezze rispetto alla terra.
Sole . . .	319314	1 milione, e 400 mila volte più grande.
Terra . . .	2865	. . . .
Luna . . .	782	$\frac{1}{9}$ . . . .
Mercurio .	1166	. . . $\frac{1}{15}$ . . . .
Venere . .	2748	più picciola di $\frac{1}{9}$ . . . . .
Marte . . .	1695	$\frac{1}{7}$ . . . .
Giove . .	31118	. . . 1300 volte maggiore.
Saturno .	28601	. . . 1000 volte maggiore.
Anello . .	66737	. . . .
Urano . .	12760	. . . . 88 volte maggiore.

Tempi periodici.	Distanze medie della terra in leghe.
Sole	34357480
Terra . . . 365 gior. 5 or. 49	. . . .
Luna . . . . . 27 gior. 7 or. 43	. . . 86324
Mercurio . . . . 87 gior. 23 ore	34357480
Venere . . . . 224 gior. 17 ore	34357480
Marte 1 anno, 321 gior. 23 ore	52350240
Giove . 11 anni, 317 giorni	178692550
Saturno 29 anni, 177 giorni	327748720
Urano 83 anni e mezzo	655602600

z. Vuolsi qui soggiugnere, che se i pia-
inzidetti ritrovandosi nelle loro distanze
e dal sole durante la loro periodica rivo-
ie, venissero renduti intieramente scevri
forza centrifuga, precipiterebbonsi tutti
il sole medesimo; e sarebbe tale la lo-
pettiva discesa, che Mercurio vi giugne-
re in 15 giorni e 13 ore, Venere in 39
rni e 17 ore, la Terra in 64 giorni e
ore, Marte in 121 giorni, Giove in 766
giorni, Saturno in 1902 giorni; e la Luna in
4 giorni e 20 ore. E quando si supponesse
un foro nella terra, che giugnesse dalla su-
perficie fino al suo ro; un grave impieghe-
rebbe nel discendervi i minuti e 9 secondi.
Si è calcolato ino che una palla lanciata
da un cannone, correndo uniformemente
200 tese in ogni minuto secondo, impieghereb-
be lo spazio di 12 anni e mezzo, per giugne-
re fino al sole.

Tav. V. Fig. 7.

193. Le rispettive grandezze e distanze dei pianeti testè dichiarate si son accuratamente dedotte dalla *Parallasse*, ossia mercè dell'angolo C B A, formato da due rette A B, C B, tirate al pianeta, una dal centro A della terra, e l'altra da un punto C della sua superficie. Questa parallasse esprime l' angolo della differenza che passa tra il *vero* luogo *a* del pianeta B, ov'egli si vedrebbe da uno spettatore collocato nel centro A della terra, ed il luogo *apparente b*, ov' egli si scorge da uno spettatore situato in qualsivoglia punto C della superficie di quella. Egli è dimostrato che siffatto angolo C B A, il quale dicesi *parallatico*, è nella ragione inversa della distanza del Pia-

neta della terra, come infatti l'angolo C B A, che riguarda il Pianeta B, è minore di C D A, appartenente al Pianeta D, ch'è più prossimo alla terra. Or la parallasse orizzontale, che riguarda l'astro osservato nell'Orizzonte, è sempre come il diametro apparente; cosicchè rintracciato che sia questo una volta insieme colla parallasse corrispondente, si può in ogni altro tempo rilevar siffatta parallasse dalla sola osservazione del diametro apparente. Si conosce l'angolo della parallasse per via di osservazioni praticate contemporaneamente sullo stesso pianeta da due osservatori situati in due luoghi della terra distantissimi l'uno dall'altro; come sarebbero, per esempio, Berlino, e 'l Capo di Buona Speranza, oppure con altri metodi, qual sarebbe il passaggio di Venere sul disco solare (§. 169), gli ecclissi della luna ec., che trovansi ampiamente dichiarati ne' particolari Trattati di Astronomia.

194. Conosciuta la parallasse orizzontale del Pianeta, si fa nota la sua distanza; imperciocchè nel triangolo parallatico C R A essendo noto l'angolo C, per essere retto, e l'angolo B, ch'è la parallasse osservata, come altresì il lato A C, ch'è il semidiametro terrestre; rendesi immediatamente manifesto il lato A R; ossia la distanza richiesta dal pianeta, mercè gli ordinarj calcoli trigonometrici. Nella Tavola della pag. 173 abbiam seguito i calcoli recentissimi, rapportati dal Sig. de la Lande nel IV. Volume della sua Astronomia.

Tav. V. Fig. 7.

195. Il diametro *apparente* d'un pianeta, che abbiam dianzi accennato (§. 193) doversi adoperare per misurar la distanza de' pianeti,

lo, sotto cui il pianeta medesimo appa-
ll' occhio dello spettatore, il quale scor-
er cagion d'esempio, il Sole e la Luna
grandezza del giro d' un cappello. A giu-
gionare egli è l'angolo misurato dall' ar-
che in sè comprende il diametro stesso
n'è la corda, e 'l cui raggio è la distan-
di quel tal pianeta della terra. Così *a b* è
diametro apparente del pianeta *e*, la cui mi-
sura è l' angolo *a d b*, che ha il suo apice *d*
nell'occhio dello spettatore, e che si esprime
in minuti e secondi di grado; dicendosi, per
servirmi di un esempio, che il diametro ap-
parente del Sole è di 31 minuti e 30 $\frac{1}{2}$ se-
condi; quello di Mercurio di 11 secondi ed
8 decime ec. Il diametro *reale* all' opposto è
quello ch' esprime in leghe, o in altre *misu-
re*, la vera grandezza del pianeta; dicendosi
esempigrazia, che il diametro del Sole è di 319
mila, 314 leghe.

196. Or il diametro apparente de' pianeti si misura col mezzo d' un picciolo stromento, detto *Micrometro*, il quale vedrassi rappresentato nella Figura 4 della Tavola VII. Consiste egli principalmente in due fili paralleli, A C, C D, uno fisso e l' altro mobile mercè del suo telajo scorrevole R S T V, racchiusi entrambi in una cassetta, e disposti in maniera, che il filo mobile C D detto altrimenti *Cursore*, possa mercè di una vite E F, avvicinarsi o discostarsi dall' altro A B, e comprendere tra sè esattamente il diametro apparente del pianeta, che si vuol misurare. Alla vite E F, di cui si ragiona, evvi adattato un indice G, il quale scorrendo su 'l lembo del

Tav. VII. Fig. 4.

quadrante o cerchio graduato H I, a misura che si rivolge la vite, indica le parti centesime di ciascun giro della vite medesima, le quali già si sa per via di osservazioni, a qual numero di minuti e secondi di gradi siano equivalenti; conseguentemente per mezzo del Micrometro ottiensi in minuti ed in secondi l'esatta misura degli angoli, sotto cui appariscono i diametri de' Pianeti, o altri piccioli intervalli celesti. In questa Figura non si è rappresentata la cassetta in cui abbiam detto esser racchiuso il Micrometro; per dimostrar chiaramente la costruzione, e l'uso delle parti più essenziali.

297. Applicato impertanto il Micrometro al tubo oculare del Telescopio, e messolo alla distanza focale della lente oculare ad oggetto che i mentovati fili AB, CD, si possano ravvisar distintamente: immaginatevi, che il diametro di un Pianeta qualunque osservato col Micrometro, obblighi l'Osservatore a discostare l'uno dall'altro i fili suddetti, cominciando dal loro contatto, per tante parti o divisioni del Micrometro, che corrispondano a 31 minuti di un grado, per far sì che i fili medesimi, a guisa di tangenti, tra sè comprendano esattamente i due lembi opposti del Pianeta, siccome scorgesi rappresentato nella Fig. 5 della Tavola VII. Dirassi allora che l'angolo di 31 minuti è l'esatta misura del diametro apparente di quel tal pianeta.

Tav. VII. Fig. 4.

Tav. VII. Fig. 5.

198. Vi sono altri Micrometri diversamente costrutti, e ve n'ha anche uno che dicesi *oggettivo*, per cagione che si applica sulla lente oggettiva del Telescopio: tutti però derivano

dallo stesso principio. V' ha similmente altri metodi per misurare i diametri de' pianeti; ma non è possibile descriverli in un Trattato elementare.

Liv. VII. Fig. 3. 199. Ritrovato che sia il diametro apparente, è cosa agevolissima il rinvenire il vero, ossia l' effettivo; conciossiachè nel triangolo *d a b*, rettangolo in *b*, il raggio è al seno *adb*, come *d a*, è ad *a b*, dimodochè moltiplicando la distanza *d a* pel seno dell' angolo *a d b* che esprime il diametro apparente del pianeta, come si è dichiarato (§. 195), avrassi la misura del diametro vero *a b*.

200. E poichè i diametri apparenti sono tra sè nella ragione inversa delle distanze, riesce altresì agevolissimo, mercè le distanze già note de' pianeti il ridurre tutt' i loro diametri apparenti alla medesima distanza, che val quanto dire il calcolare, quali essi sarebbero, se tutt' i pianeti fossero egualmente distanti dalla terra; e quindi possono non solo i diametri stessi paragonarsi accuratamente fra loro, ma eziandio le loro grandezze reali ed effettive.

201. I diametri reali rinvenuti in tal modo possono servir di fondamento per rintracciare, come se è detto, il volume de' pianeti, essendo dimostrato essere le sfere come i cubi de' loro diametri. Così sapendo, esempigrazia, che il diametro di Mercurio è a quello della terra, ridotto alla medesima distanza (§. 200), come la frazione decimale 0, 3889 è ad 1; e che il cubo di tale frazione equivale ad $\frac{1}{17}$ dee francamente dedursi, che il volume di Mercurio è la diciassettesima parte di quello della terra.

202. Per ciò che riguarda il principio, e il metodo, onde rinvenire la densità de' pianeti, e le loro masse, ossia le loro rispettive quantità di materia, ne ragioneremo in fine dell'Articolo I. della IV. Lezione.

203. Quando si conosca in cielo il sentiere dello Zodiaco, è facile il distinguere i pianeti dalle stelle; giacchè all' infuori delle quattro stelle di prima grandezza, cioè a dire *Aldebaran*, ossia l' occhio del Toro, *Regolo* nella costellazione del Leone, *la Spiga della Vergine*, ed *Antàres*, ossia il cuore dello Scorpione, non vi sono quivi altri astri di notabil grandezza, all' infuori de' pianeti, i quali non mai escono da' limiti della fascia dello Zodiaco, come in appresso osserveremo. D' altronde un carattere facile e sicuro per discernere i pianeti, e distinguerli dalle stelle fisse, si è il loro splendore tranquillo, ed immobile; laddove le stelle veggonsi sfolgorare d' una luce scintillante, ed agitata da un certo movimento di vibrazione. Ciocchè deriva probabilmente da' minuti corpicciuoli opachi galleggianti nella nostra atmosfera, i quali ci nascondono di tratto in tratto i minimi diametri apparenti delle stelle. Vi ha difatti chi pretende, che in alcuni luoghi della terra, in notti molto serene, le stelle non si veggano scintillare.

204. Egli è però più malagevole il distinguere i pianeti l'un dall'altro: tuttavolta v'ha de' contrassegni da poterli in qualche modo discernere. Venere, e Mercurio non si discostano giammai dal sole (§§. 165, 168) a cui l' ultimo è più prossimo del primo; oltreacchè Venere è il pianeta il più luminoso, e brillan-

te dopo la luna. Se dunque al tramontar del sole scorgesi un pianeta, ch' è più prossimo all' Oriente, che all' Occidente, non sarà egli certamente nè Venere, nè Mercurio; e potrà distinguersi Saturno dalla debolezza della sua luce, a cagione della sua gran distanza dal Sole; Marte dal suo lume rosseggiante; Giove dalla sua grandezza, e dal suo vivo splendore. Herschel per la sua picciolezza apparente rassomigliasi ad una stella fissa di settima grandezza (§. 190). Del resto il mezzo più agevole e sicuro per distinguere i pianeti, è quello di rilevare dall' *Effemeridi* il tempo e l'ora, in cui essi passano il meridiano, e quindi osservarli nel loro passaggio. In tal modo si acquista facilmente la pratica di distinguerli in qualsivoglia altra parte del cielo.

205. Gli antichi Latini diedero a' pianeti i nomi delle loro divinità, e li caratterizzarono con segni abbreviati, relativi alle Deità medesime; disortachè Mercurio viene indicato da ☿, ossia da un caduceo; Venere da ♀, ossia da uno specchio guernito di un manico; Marte da ♂, ovver da una freccia su di uno scudo; Giove da ♃, ch' esprime la prima lettera, onde scrivesi in greco il suo nome Ζεὺς *Zeus*, coll' aggiunta di una linea trasversale; Saturno da ♄, oppur da una falce; il Sole da ☉, ossia da un globo con un punto centrale; la Luna da ☽, ossia dalla figura della Luna crescente. A loro imitazione poi gli Astronomi de' nostri dì contrassegnano il nuovo Pianeta Herschel per via di un H, esprimente la prima lettera del suo nome, con un globetto al di sotto.

ARTICOLO IV.

Breve saggio della sfera, ossia de' varj cerchj in cui si suppone divisa la terra.

206. Innanzi d'innoltrarci nella dichiarazione de' principali fenomeni celesti, uopo è premettere, che gli Astronomi affin di agevolare l'intelligenza delle dottrine sì astronomiche, che geografiche, si sono avvisati di assegnar sulla terra alcuni punti, e varj cerchj, da potersi rapportare anche al cielo (*a*). Le due estremità dell' asse terrestre, ovvero i due punti, intorno a'quali si suppone aggirarsi la terra, possono riguardarsi come punti principalissimi; e si dà loro la denominazione di *poli*, cui rammenteremo in appresso co'rimanenti punti. Tra' cerchj poi altri diconsi *maggiori*; perchè il lor piano passando pel centro terrestre, va a segare il globo in due uguali emisferi; ed altri *minori*, per ragion che il loro piano non va a passare pel centro suddetto, nè sega il globo in due uguali emisferi. Sono essi in tutto al numero di dieci, annoverandosene sei tra' primi, e quattro fra i secondi. I cerchj maggiori sono *l' Orizzonte*, *l' Equatore*, *il Meridiano*, *lo Zodiaco*, *e i due Coluri*: i minori riduconsi ai due *Tropici*, ed a' *Cerchi polari*. T. VIII. Fig. 4.

207. L'Orizzonte, ossia *cerchio terminatore*

(*a*) Per intendere agevolmente le dottrine contenute in questo Articolo, fa d'uopo provvedersi d'una *Sfera armillare*, od anche meglio di un *Globo terrestre*.

A B, si suppone cingere il *Globo terracqueo*
in modo tale, che divida l'Emisfero superiore,
o sia il visibile a noi, dall'inferiore, ovver da
quello che noi non vediamo; ond'è, che il so-
le, la luna, e i rimanenti corpi celesti, di-
consi *nascere*, qualora si elevano al di sopra
dell'Orizzonte, e si dicono *tramontare*, quan-
do discendono al di sotto di esso. Determina
egli dunque la durata del giorno, e della not-
te, ha per sua proprietà l'esser sempre distan-
te per 90 gradi dal punto, che sovrasta verti-
calmente al capo dello spettatore, che si sup-
pone sempre collocato nel centro di esso; di
modochè cambiasi l'orizzonte a misura che si
va cangiando il nostro luogo sulla terra. Il
detto punto verticale dicesi *Zenit*, laddove l'al-
tro, che gli è diametralmente opposto, e ri-
guarda per conseguenza i piedi dello spettato-
re, si denomina *Nadir*: i quali punti, a parlar
giustamente, altro non sono, se non se ambi
i poli dell'Orizzonte, ossia l'estremità del
suo Asse. Una linea, che si suppone tirata
dall'uno all'altro di cotesti punti, dicesi *li-
nea verticale*; ed un cerchio, che si suppone
passare per entrambi i punti medesimi, dicesi
cerchio verticale o semplicemente *verticale*. Uo-
po è distinguere siffatto Orizzonte *vero*, o
astronomico, dall'Orizzonte *apparente*, ossia
sensibile, ch'è quel cerchio immaginario, che
limita tutt'all'intorno la nostra vista, qualor
ci troviamo in luoghi aperti, ove può l'occhio
liberamente spaziare. E' egli sempre parallelo
all'Orizzonte vero; ma vedesi crescere, o sce-
mare, secondochè l'occhio nostro, od anche
gli oggetti, che riguardiamo, trovansi più, o

meno elevati dalla superficie terrestre (*a*).

208. Quegli abitatori, e que' luoghi della terra, i quali sono situati in luoghi diametralmente opposti, cosicchè lo zenit di uno è il nadir dell' altro, ed uno ha la notte, quando l' altro ha il giorno, diconsi *antipodi*. Or siccome le loro linee verticali prolungate passano pel centro della terra; tuttochè abbiano essi opposti i loro piedi, gravitano entrambi verso il centro medesimo, ove i corpi sono generalmente forzati a discendere (§. 70). Questa è la ragione, per cui mantengonsi eglino ugualmente stabili, e fermi su di ogni punto della superficie terrestre, non ostante che il capo dell' uno riguardi l' emisfero superiore, e l' altro l' inferiore. Chiunque f[illegible]mente immagina, che il suo antipodo non si possa mantener sulla terra, vede bene nel tempo stesso, che secondo la sua idea, dovrebbe quello discostarsi dal centro terrestre, e cadere verso il cielo: cosa assolutamente contraria alle leggi della gravità.

209. L' equatore CD, detto altrimenti *linea equinoziale*, si suppone cinger la terra in tal direzione ch' essendo ugualmente distante dai poli di quella X, Z, viene quindi a ripartirla in due uguali emisferi, uno de' quali guarda il settentrione e l' altro il mezzogiorno, dicendosi perciò *emisfero settentrionale* e *meridionale*. Dicesi egli equatore, perchè qualora il sole descrive apparentemente il suo sentiere, che

T. VIII Fig. 4.

(*a*) Questo punto sarà rischiarato maggiormente nel progresso di quest' opera, e propriamente infine della Lezione XXIII. riguardante *la Luce*.

vàl quanto dire, qualora la terra s'inclina in modo, che rivolge direttamente al sole il suo equatore, come in seguito dimostreremo, le notti uguagliano i giorni in tutta la terra. L' asse dell' equatore, X Z, è precisamente lo stesso che l' asse terrestre; e conseguentemente i suoi poli nulla differiscono da' poli della terra. Ricevono questi la denominazione di *Polo Artico* ed *Antartico*, ossia di *Boreale* ed *Australe*; e non sono ugualmente visibili da tutt' i luoghi della terra. Gli abitatori dei poli stessi, il cui orizzonte è parallelo all' equatore, e che diconsi perciò aver la *Sfera parallela*, non ne veggono che un solo, essendo quelli diametralmente situati nel loro zenit, e nadir. Gli abitanti dell' equatore, che vien segato ad angoli retti dal loro orizzonte, e che per tal motivo diconsi avere la *Sfera retta*, gli veggono entrambi nell'orizzonte medesimo. Tutti gli abitanti de'rimanenti luoghi della terra, che hanno la *Sfera obbliqua*, perchè il loro orizzonte sega l'equatore obbliquamente, veggono soltanto quel polo, che trovasi elevato sul loro orizzonte. Così appunto succede a noi, a cui non è visibile che il polo artico ossia settentrione. Quindi disse Virgilio parlando de' due poli:

> *Hic vertex nobis semper sublimis, at illum*
> *Sub pedibus Styx atra videt, manesque profundi.*

210. La maniera agevole a poter discernere in cielo il punto corrispondente al polo artico visibile a noi; è quella d' imparar a conoscere la *Stella polare* che non è discosta da

un tal polo che di soli due gradi. Siffatta stella è l'ultima della coda dell'*Orsa minore*, ossia della Cinosura, poco lungi dalla costellazione dell' *Orsa maggiore*, detta volgarmente *Carro* fin da' tempi di Omero. Prima dell' invenzion della bussola serviva ella di guida a' naviganti ne' loro diversi viaggi. Avendo la fascia rivolta alla stella polare, e stendendo le braccia in croce, avrassi di fronte il polo artico, alle spalle l'antartico, alla destra l' oriente, ed alla sinistra l' occidente.

211. Abbiamo detto nel §. 209 che gli abitanti dell' equatore veggono i poli radere il loro orizzonte. Egli è dunque chiaro, che coloro, i quali abitano i luoghi della terra, che sono frapposti fra l' equatore e i poli, debbono scorgere il polo ad essi visibile, diversamente elevato; giacchè cangiandosi l'orizzonte a misura che i luoghi della terra discostansi dall' equatore (§. 207); succede lo stesso, che avverrebbe se l' orizzonte de' popoli equatoriali si andasse inclinando ed abbassando di mano in mano, e conseguentemente come se il polo visibile della terra si andasse elevando nella medesima proporzione. Or siffatta elevazione detta comunemente *altezza del polo*, vien misurata mercè dell'arco del verticale (§. 207) frapposto tra il polo ed il proprio orizzonte, e si esprime in gradi, e minuti; dicendosi, esempigrazia, che l' altezza del polo di Napoli è di 40 gradi, 50 minuti e 22 secondi; quella di Londra è di 52 gradi e 51 minuti; e così delle rimanenti. Siccome gli Astronomi fanno grand' uso dell' altezza del polo nello sciolgimento di molti

dono gli *equinozj*, che val quanto dire, che i giorni e le notti sono di pari durata in tutto il globo terracqueo.

216. La massima declinazione dell' eclittica, ossia la massima distanza de' suoi punti equinoziali dall' equatore, diceasi *obbliquità dell' eclittica*, che fassi ascendere a' dì nostri, come si è accennato, a 23 gradi e 28 minuti. Si è rinvenuto però esser' ella alquanto variabile, imperciocchè al tempo del celebere Astronomo Ipparco, ossia presso a duemila anni addietro, ella era di 24 gradi e circa 50 minuti. Si scema ella dunque a gradi e propriamente di circa un minuto e 18 secondi in ogni secolo, e conseguentemente d' altrettanto si va mano mano ristringendo il corso apparente del sole, ossia l' estensione della carriera annua della terra, di cui renderassi ragione nell' articolo seguente.

217. L' equatore e l' eclittica sono i due cerchj della sfera a cui principalmente rapportansi dagli Astronomi le posizioni, e il corso degli astri, la cui misura e i cui moti sogliono determinarsi per via *di longitudine, latitudine, ascensione retta*, e *declinazione*. La longitudine, e l' ascensione retta hanno per principio fisso il punto equinoziale di ariete, con questa differenza, che la longitudine si misura a segni, a gradi ed a minuti sul cerchio dell' eclittica, l' ascensione retta si calcola a gradi ed a minuti sul cerchio dell' equatore. La longitudine adunque degli astri è *l' arco dell' eclittica, compreso tra il punto equinoziale di ariete, e il punto dell' eclittica, ove l' astro si ritrova*; disortachè dicendosi,

esempigrazia, che la longitudine del sole in un dato giorno è di 5 segni, 20 gradi, e 10 minuti, è lo stesso che dire, che il sole, cominciando dal detto punto equinoziale, è avanzato apparentemente nel sentiere dell'eclittica 5 segni, 20 gradi, e 10 minuti. L'ascensione retta poi degli astri è *l'arco dell'equatore, compreso tra il punto equinoziale di Ariete, e quel punto dell'equatore, a cui quel tale astro sovrasta perpendicolarmente*. Se tutti gli astri descrivessero col loro moto diurno apparente il sentiere dell'equatore, riuscirebbe agevolissimo il calcolare l'ascensione retta sull'equatore medesimo siccome abbiam detto; ma poichè molti degli astri descrivono col lor moto diurno de' cerchj pressochè paralleli all'equatore, l'ascensione retta si determina mercè del passaggio degli astri sul meridiano; imperciocchè essendo i meridiani, come tra poco dichiareremo, perpendicolari all'equatore, tutti quegli astri, che passano il meridiano nel tempo stesso, si rapportano allo stesso punto dell'equatore, e conseguentemente hanno la medesima ascensione retta. Se il mentovato passaggio succede in ore diverse, la differenza di siffatte ore dà la differenza dell'ascensione retta, assegnando 15 gradi dell'equatore ad ogni ora (§. 185). Suppongasi per esempio, che sappiasi in virtù di osservazioni già fatte, che un astro qualunque prossimo al punto equinoziale, giunto che sia al meridiano, abbia 15 gradi di ascensione retta; se un'altra stella giugne al meridiano stesso un'ora più tardi, la differenza dell'ascensione retta di cotesti due astri sarà di 15 gradi, i quali aggiunti a' 15 gradi dell'ascensione

ta della prima stella già nota, danno la somma di 30 gradi, che sarà l'ascensione retta seconda stella. Così si ragioni delle rimanenti. Con siffatto metodo si sono formate delle Tavole, ove trovansi calcolate le ascensioni rette degli astri i più considerabili, sicc e può scorgersi nell' Effemeridi, negli Almanacchi e ne' particolari trattati di Astronomia.

218 Rivolgendosi la terra intorno al proprio asse nello spazio di 24 ore, e procedendo ella nel tempo stesso col suo moto annuo lungo il sentiere de clittica, ne siegue di ragione, che gli astri sembrano fare il loro giro su' cerchj presso paralleli all'equatore, e che siffatti cerchj si discostano giornalmente dall'equatore medesimo. Queste varie distanze dall'equatore diconsi *declinazione* degli astri; e si misurano su' cerchj perpendicolari all'equatore suddetto, ossia su' meridiani, che vanno ad intersecarsi ne' poli; in guisachè dicendosi che la declinazione del sole nel dì 21 di Giugno è di 23 gradi e mezzo, val quanto dire, che l'arco del meridiano frapposto tra l'equatore e'l punto del meridiano stesso, a cui il sole sovrasta in quel tal giorno, è di 23 gradi e mezzo.

219. Abbiamo accennato (§. 213), che non tutti gli astri seguono il sentiere dell'eclittica. Ve n'ha di quelli, che se ne discostano alcuni gradi, sia dall'uno, che dall'altro lato della medesima, nell'ampiezza dello Zodiaco. Cotal distanza misurata su' cerchj perpendicolari all'eclittica, dicesi *latitudine* degli astri, la quale non altrimenti che la longitudine, l'ascensione

fatta e la declinazione, trovasi registrata nelle Tavole di sopra mentovate (§. 217).

220. Il Meridiano X C Z D passa pe' due poli; segando ad angoli retti l' equatore, e tutt' i suoi paralleli, di cui farem menzione or ora; sicchè divide il globo in due emisferi; *orientale* ed *occidentale*. Il numero de' meridiani uguaglia quello de' punti assegnabili sull' equatore, non essendoci alcun punto della terra nell' andar direttamente dall' Oriente all' Occidente, il quale non abbia il suo particolar Meridiano che passa pel suo zenit. Gli si dà siffatta denominazione, perchè giunto il sole a poggiar su di esso, o per meglio dire, perchè aggirandosi la terra intorno al proprio asse; i luoghi e i popoli della medesima hanno successivamente il mezzo giorno, allorchè giungono al di sotto di quel Meridiano celeste a cui il sole sovrasta verticalmente. Fra i tanti Meridiani anzidetti, che van tutti ad intersecarsi ne' poli, convien che ve ne sia uno, da cui altri possa incominciare a contarli, e che perciò si dica il *primo* fra tutti. Siffatto primo meridiano, giusta lo stabilimento fatto in Francia nel 1634, dovea passare per l' Isola del Ferro ch' è la più occidentale tra le Canarie, seguendo d' appresso le idee di Tolommeo: ma siccome il luogo principale di cotesta Isola è 19 gradi, 53 minuti e 45 secondi più occidentale di Parigi, il celebre Geografo Mr. de l' Isle si avvisò di ridurre siffata longitudine a numeri rotondi, e quindi stabilì, che il primo Meridiano dovesse farsi passare sul 20 grado all' occidente di Parigi, come si è praticato quasi generalmente da' Geografi. Ora però esa-

Tav. VIII. Fig. 4.

bra di aver preso gran voga il costume di cominciar a numerare la longitudine dal Meridiano, che passa per la Capitale, oppur per l'Osservatorio del proprio paese, dicendosi dal Meridiano di Londra, di Greenvvich, di Parigi, di Napoli ec.

221. L'asse del Meridiano sega l'orizzonte ad angoli retti; e i punti ove segue siffatta intersecazione, diconsi propriamente *Oriente*, ed *Occidente*, ossia *Est* ed *Ouest*; laddove quelli, che corrispondono a' due poli terrestri, ovvero ad ambe l'estremità dell'asse della terra, prendono la denominazione di *Settentrione* e *Mezzogiorno*, oppure di *Nord* e *Sud*. Tutti e quattro insieme uniti diconsi generalmente *Punti cardinali*, per essere i principali fra tutti gli altri, che assegnar si sogliono su 'l giro dell'Orizzonte, de' quali ragioneremo poscia nel Trattato de' Venti.

222. Passando il Meridiano per lo zenit (§.220), dee necessariamente seguirne che il sole giunto al Meridiano, trovasi nel punto il più sublime del suo corso giornaliero, talchè di là dèe egli gradatamente discendere fino al suo tramontare. Or veggiamo coll'esperienza, che le ombre de' corpi sono della massima lunghezza sì nel nascere che nel tramontar del sole, e sono le minime, quando egli poggia sovra il Meridiano, e conseguentemente che sono elleno uguali qualora il sole sì nell'ascendere che nel discendere dal Meridiano, trovasi in punti ugualmente distanti dal meridiano medesimo. Sovra questo principio è fondato il metodo ordinario, di cui fanno uso gli Astronomi, per descrivere agevolmente *la linea meridiana*, ossia

per determinare il vero punto del mezzogiorno.

223. Abbiasi a tal uopo una pietra perfettamente spianata, sia di marmo, ovver di lavagna, qual sarebbe A B C D, e messala esattamente a livello in un sito, ove splenda il sole durante alcune ore del giorno, e principalmente all' ora del mezzodì, scelgasi su quel piano un punto qualsivoglia: come E; su di cui applicata una punta d' un compasso, si descrivano varj archi concentrici, cui supporremo *a b*, *c*, *d*, ec. Ciò fatto, si adatti nel centro E in posizione perfettamente verticale il piede d' uno *gnomone*, o sia *stiletto* E F, alquanto aguzzo in cima, e dell' altezza di circa tre pollici. Aggiustate così le cose, si osservi, tre ore all' incirca prima del mezzo giorno, su quale di quegli archi descritti va a cadere l'apice dell' ombra di quel tale gnomone E F; e si noti esattamente un tal punto, ch' ora supporremo essere *x*. Per terminare l' operazione, uopo è cogliere il momento, dopo il mezzo giorno, in cui l' apice della detta ombra dello gnomone venga a toccare lo stesso arco *a b*; e si contrasegni parimente siffatto punto, cui figureremo esser *z*. Avuti che sieno cotesti due punti, allorchè le ombre E *x*, E *z*, sono di ugual lunghezza, possiamo essere sicuri, che il sole in que' dati tempi, cioè a dire sì prima, che dopo il mezzogiorno, si ritrovava ad uguali altezze dall' Orizzonte (§. 222), Il Meridiano dunque ritrovar si dee nel loro preciso mezzo. Che però diviso esattamente l' arco *a b* in due uguali porzioni nel punto *y*, la linea E *y* tirata pel punto *y*, e 'l centro indicato E, ossia pel piede del gnomo-

Tav. VII. Fig. 6.

rà la linea meridiana, ovver la sezio- Meridiano coll' Orizzonte; in guisachè volte che l'apice dell'ombra del men- gnomone andrà a toccare esattamente linea, dovremo esser sicuri, che il so- quel punto poggia su 'l Meridiano, e che sia il preciso punto del mezzogior- ripetendo la medesima operazione su 'l chio $c\ d$, e su gli altri simiglianti; e ri- trovando, che la Meridiana tirata pei punti e z, coincide colla già rinvenuta E y, avrà verun motivo di dubitare della sua tezza.

224. Perchè la linea meridiana rintracciata nell' indicato modo riesca più esatta, vuolsi fa- re la detta operazione in tempi, che sieno pros- simi ad uno de' giorni solstiziali; cioè a dire verso il 21 di Giugno, o il 21 di *Dicembre*. La ragione si è, che in quel tempo la decli- nazione del sole non varia sensibilmente nel- l'intero corso della giornata, come tra poco spiegheremo. In altri tempi il sole non descri- ve cerchj paralleli all' equatore, a cagion del progresso, che la terra va facendo lungo l'e- clittica (§. 218).

225. I due coluri segansi scambievolmente ad angoli retti ne' due poli, passando uno pe' due punti solstiziali dell'eclittica, che son que' di Cancro, e di Capricorno, e l'altro pei due punti equinoziali, che son quelli di Arie- te, e di Libra: ond' è poi, che quello dicesi *Coluro de' Solstizj*, e questo *Coluro degli Equinozj*. Effettivamente però altro essi non sono, se non se due principali Meridiani. Di- consi coluri dalla voce greca κόλουρος *coluros*,

che significa *troncato*, venendo essi tagliati in varie porzioni da' cerchj sì maggiori, che minori della sfera.

226. I cerchj minori riduconsi, come si è detto, ai due tropici, e ai due polari. Sono tutt' e quattro tra sè paralleli, non altrimenti che all' equatore, da cui i tropici si discostano per circa 23 gradi e mezzo, qual è appunto la massima obliquità dell' eclittica (§. 216), a cui servono di limiti; uno verso il polo artico, e l' altro verso l'antartico. Il tropico F G, esistente nell' emisfero boreale ove noi siam collocati, dicesi *Tropico di Cancro*; segando appuntino sull' eclittica il segno di tal nome; e quello, ch' esiste nel emisfero australe H E, dicesi di *Capricorno*, passando egli su tal segno. L' apparente annua carriera del sole non oltrepassando giammai i detti tropici, succedono in essi i *Solstizj*, cui poscia spiegheremo; cioè a dire quello di state nel Tropico di Cancro, e quel d'inverno nel Tropico di Capricorno.

T. VIII. Fig. 4.

227. Una semplice occhiata su di un globo terrestre, farà agevolmente scorgere, che il Tropico di Capricorno circonda la terra in modo, che attraversa il paese degli Hottentotti nell' Africa, e 'l Brasile, il Paraguay, e 'l Perù nell' America; laddove il Tropico di Cancro passa in vicinanza del Monte Atlante sulla costa occidentale dell'Africa, per Siene Città dell' Etiopia, su 'l Mar Rosso, il Monte Sinai, sulla Mecca, l'Arabia felice, su i confini della Persia, sulle Indie, sulla China, su 'l Mar Pacifico, su 'l Messico, e sull' Isola di Cuba.

T. VIII. Fig. 4.

228. In distanza di 23 gradi e mezzo da ambidue i poli vi sono due piccioli cerchj I K, L M, denominati *polari*; dicendosi uno *artico*, e l' altro *antartico*, perchè ciascheduno di essi corrisponde al polo della medesima denominazione. Tutti gli altri cerchj frapposti tra i polari, e l' equatore, diconsi *paralleli*, per esser in realtà paralleli a quelli; e fra essi i tropici, e i polari fanno la principal figura. Quelle porzioni de' paralleli, che stando al di sopra dell' Orizzonte, sono illuminate dal sole, sogliono denominarsi *archi diurni*; dicendosi *archi notturni* le porzioni rimanenti, le quali collocate al disotto dell' Orizzonte, giacciono fra le tenebre nel tempo stesso.

229. Volgendo lo sguardo su d' un globo terrestre, manifestamente si rileva, che gli spazj compresi fra i due tropici; fra ciascuno de' tropici, e 'l cerchio polare corrispondente; tra ciascun cerchio polare, e 'l suo polo vicino, si rassomigliano ad altrettante fasce, che per tal motivo si denominano *Zone*; dicendosi *Torrida* quella, che racchiusa fra i tropici, vien segata per mezzo dall' equatore, perchè riputata cocente, e disabitata dagli Antichi a cui era del tutto ignota siffatta region della terra; e *fredde*, ossia agghiacciate quelle altre, che cominciando dal cerchio polare in ciascuno emisfero, stendonsi poscia fino a' poli corrispondenti. La terza, e la quarta, che trovansi frapposte fra la torrida, e la fredda, avendo per confini in ciascun emisfero il tropico da una parte, e il cerchio polare dall'altra, prendono la denominazione di *Zone Temperate*. Sono dunque le Zone al numero di cinque; cioè a dire una

fredda, ed una temperata nell' emisfero boreale; altrettante nell' australe; ed una nel mezzo, la quale essendo ugualmente divisa dall' equatore, stendesi per metà verso l' uno, e per metà verso l'altro emisferò. Così nel libro I delle Georgiche colla solita venustà le descrive Virgilio.

Quinque tenent cælum zonæ, quarum una corusco
Semper sole rubens, et torrida semper ab igni:
Quam circum extremæ dextra lævaque trahuntur
Cærulea glacie concretæ, atque imbribus atris.
Has inter mediamque duæ mortalibus ægris
Munere concessæ Divum, et via secta per ambas,
Obliquus qua se signorum verteret ordo.

230. Le distanze de' luoghi terrestri rapportansi da'Geografi all'equatore, ed al primo meridiano. Si rapportano all' equatore nell' andar dal Nord verso il Sud, o al contrario: si riferiscono al primo meridiano nell' andar dall' Est verso l' Ouest; oppur in direzione opposta. Quelle si misurano *mercè l' arco del meridiano, che si frappone tra l' equatore, e 'l luogo qualsivoglia*, e si esprimono colla denominazione di *latitudine*; queste *mercè l' arco dell'equatore, frapposto tra il primo meridiano, e quello del luogo in quistione*, e prendono il nome di *longitudine*. Che però dicendosi, che la latitudine di Napoli è di 40 gradi 50 minuti e 22 secondi, vuolsi intendere, che l'arco del meridiano di Napoli, compreso fra l'equatore, e lo zenit di Napoli, è di 40 gra-

di, 50 minuti, e 22 secondi: il quale arco esprime la distanza di Napoli dall'equatore. E siccome cotal distanza esser può nell'emisfero settentrionale, oppur nel meridionale, così distinguesi la latitudine in *settentrionale*, o *meridionale*. Dicendosi similmente, che la longitudine di Napoli è di 31 gradi, 52 minuti, e 50 secondi, si vuol intendere, che il meridiano di Napoli è discosto dal primo meridiano (§. 220) per 31 gradi, 52 minuti, e 50 secondi, per esser tale la misura dell' arco dell'equatore frapposto tra il primo meridiano, e quello di Napoli.

231. Colla scorta di tali lumi possiamo ora francamente innoltrarci nella spiegazione dei principali fenomeni celesti mercè il Sistema Copernicano.

ARTICOLO V.

Spiegazione de' principali fenomeni celesti secondo il Sistema Copernicano.

232. Due moti ha realmente la terra a tenor del Sistema Copernicano: uno dicesi *diurno*, ossia *moto di vertigine*, e fassi intorno al proprio asse dall'Occidente all'Oriente nel tratto di 24 ore; l'altro chiamasi *annuo*, ossia *periodico*, perchè si esegue nello spazio di un anno scorrendo la sua grand' orbita, ovvero la vasta carriera dell'eclittica, intorno al *sole*. A questi si aggiugne impropriamente il terzo, denominato *moto di parallelismo*, serbando la terra il suo asse sempre parallelo a se medesi-

mo in tutte le posizioni, in cui si ritrova scorrendo la sua orbita : ma siffatto parallelismo, a ragionar diritto, non è che una privazione di moto; derivando egli dalla costante direzione dell' asse terrestre, il quale spinto insieme colla terra lungo l' annuo orbe da una forza diretta contro il centro della terra medesima, non vien determinato da veruna cagione ad inclinarsi diversamente nello scorrer pe'varj punti dell'orbe mentovato, di quel che lo era nel bel principio di una tal carriera. La tranquillità grandissima, onde la terra esegue siffatti movimenti, ce li rende del tutto insensibili, non altrimenti che colui, il quale racchiuso entro una nave, e solcando il mare in perfetta calma, s'immagina di stare in riposo.

233. Il moto diurno della terra da Occidente verso Oriente nello spazio di 24 ore, ci cagiona l'illusione circa il moto giornaliero degli astri, facendoci apparire, ch' essi si muovano con moto contrario, cioè a dire da Oriente verso Occidente, nel medesimo intervallo di 24 ore; appunto come colui, che non sentendo il moto della nave, che veleggia, crede, volgendo lo sguardo al lido, di ravvisare in quello il suo movimento in direzione affatto contraria, parendogli, che il lido venga a sè, quand' egli gli va incontro, e che all' opposto sen fugga, qualora egli se ne allontana verso l'opposta parte. A misura dunque, che la terra vassi rivolgendo intorno al proprio asse verso l'Oriente, sembra a noi, che il sole, quantunque immobile, non altrimenti che tutti gli astri, salga su dall' Orizzonte, ossia dal cerchio terminatore della nostra vista, e prosegua il suo cor-

se giornaliero verso l'Occidente; onde è poi, che il detto moto diurno degli astri è in fatti una pura illusione, e dell'intutto apparente. Sia S il sole immobile nel centro dell' universo, e B C D la terra, che si rivolga intorno al suo asse A da D verso B, ovvero dall' Occidente verso l' Oriente. Rapportandosi lo spettatore *d* (che supporrem sempre collocato, per cagion d' esempio, in Napoli) al punto D del cielo vedrà egli il sole nascente, principiando allora i raggi solari S G a ferire il suo orizzonte. Dopo che la città di Napoli, mercè il moto giornaliero della terra, sarà avanzata tant' oltre, che lo stesso spettatore *d* rapporterassi al punto C del firmamento, troverà egli di avere il sole su 'l suo meridiano, ed essergli verticale. Procedendo oltre la città di Napoli insiem colla terra da C verso B, l'anzidetto spettatore *d* avrà su 'l suo zenit il punto B del firmamento, sicchè gli parrà, che il sole S sia già nel punto del suo tramontare, attesochè i raggi solari S F radono il suo orizzonte, per esser perduti intieramente di vista, talmentechè succederà il crepuscolo della sera, ed avverrà poscia mezza notte, qualora lo spettatore *d* sarà giunto a corrispondenza del punto E del cielo, avendo egli allora il sole S precisamente nel suo nadir: e qualora colla terra sarà egli pervenuto di bel nuovo al di sotto del punto D, tornerà a scorger la levata del sole, come nel giorno antecedente. Laonde il moto *reale* della terra da D verso C, e B, cagionerà il moto *apparente* del sole da B verso C, e D. Il moto diurno dunque della terra è ciò, che produce in realtà la notte, ed il giorno; laddove il moto an-

Tav. V. Fig. 9.

nuo intorno all' orbita, unito a quella tale inclinazion dell' asse, che gli fa serbare la posizion sua sempre parallela a se medesimo, viene a produrre l'apparenza dell' annuo giro del sole, e l' ineguaglianza delle stagioni.

234. Scorgesi in fatti, ch'essendo la terra in A, e propriamente nel segno di Libra, ov'ella effettivamente si trova a'20 di Marzo, terrà rivolto al sole il suo equatore E F in modo tale, che sarà quello verticale all'equatore medesimo. Dal che ne avverrà, ch'essendo allora il sole nel preciso mezzo d'ambi gli emisferi, dovrà necessariamente produrre la mezza stagione, ossia il principio di *primavera*; e rapportandosi il sole dagli abitatori terrestri al punto C nell' opposta parte del cielo, vedrassi per conseguenza nel segno di Ariete. Ne avverrà similmente l'*equinozio di primavera*; stantechè essendo il sole verticale all'equatore, l'orizzonte, che costituisce i limiti fra la luce e le tenebre (§.207), passerà pe'due poli, e quindi essendo gli archi diurni uguali ai notturni; che val quanto dire, ritrovandosi la metà dell'equatore, e de'suoi paralleli, al di sopra, e l'altra metà al di sotto dell' orizzonte; sarà quella rivolta al sole per 12 ore, nella rivoluzione giornaliera della terra, e questa opposta per altre 12; e così la notte riuscirà uguale al giorno in tutto il globo terracqueo. Proseguendo quindi la terra l'annua sua rivoluzione intorno al sole, e giugnendo al punto B, ovvero al segno di Capricorno, a' 21 di Giugno, chiaramente si ravvisa, che non può ella serbare il suo asse X Z parallelo alla posizione, cui avea in A, senza che il polo australe X declini dal sole S, e senza che il po-

T. VIII. Fig. 1.

lo spazio di qualche giorno, e quindi succederà il *Solstizio di State*. La terra giunta in C, e propriamente nel segno di Ariete, a' 23 di Settembre, dovrà nuovamente presentare al sole il suo equatore come avvenne in A, e quindi produrre l'altra mezza stagione, ovver l'*Autunno* e l'*Equinozio autunnale*, per le stesse ragioni assegnate di sopra: ed il sole rapportandosi ad A, sarà veduto nel segno di Libra. Finalmente passata la terra in D, ossia nel segno di Cancro, a' 21 di Dicembre, il suo polo australe X s' inclinerà verso il sole con deviarne il boreale Z, tutto al contrario di ciò che avvenne in B a' 22 di Giugno: presenterà ella al sole il tropico di Capricorno GH, corrispondente all'emisfero australe, e sarà *Inverno* per gli abitatori dell'emisfero boreale, ove il cerchio diurno I *r* essendo assai minore del notturno K *r*, avrannosi i giorni di assai corta durata e le notti lunghissime, a differenza degli abitatori dell'emisfero opposto: la Zona fredda boreale *a b* sarà allora tutta immersa nelle tenebre, e l'australe *c d* illuminata in ogni dove, sicchè avrà quella perpetua notte, e questa un perpetuo dì: il sole si riferirà a B, e comparirà nel segno di Capricorno; e per la ragione allegata di sopra succederà il *Solstizio d'Inverno*. Sicchè dunque a buon conto il moto della terra intorno all'orbita MN PQ nello spazio di un anno, ci farà comparire, che il sole si aggiri nell'intervallo stesso, descrivendo la medesima orbita; non altrimenti, che a colui, il quale aggirandosi di notte intorno a una gran piazza, nel cui mez-

ze fosse collocato un gran fanale, sembrerebbe al certo di vederlo avanzar mano mano, ed eseguire nel tempo stesso quel giro medesimo, che starebbe egli facendo.

235. Da ciò che si è detto fin qui, si rileva similmente, che se l' asse della terra non fosse inclinato al piano dell' eclittica, siccome lo è effettivamente di 66 gradi e mezzo, presenterebbe ella al sole perpetuamente le medesime parti nell' annuo suo corso: e quindi non vi sarebbe alcuna diversità di stagioni, ma bensì un perpetuo equinozio.

236. Le osservazioni praticate da' moderni Astronomi, messe a confronto di quelle, che ci han tramandato gli antichi, fan rilevare, che i punti equinoziali, ovvero le costellazioni di Ariete, e di Libra, ove abbiam veduto riferirsi il sole in tempo degli equinozj (§. 234), essendosi rimosse da' punti, ove l' eclittica sega l' equatore (§. 213), sono avanzate di un intiero segno ossia di 30 gradi verso l' Occidente, disortachè siffatti punti sono ora occupati da' segni antecedenti di Pesci e di Vergine. Questo è ciò che dicesi *Precessione degli Equinozj* la quale, messo il moto della terra, riducesi ad una pura apparenza, procedente da una leggerissima inclinazione, ossia deviamento dal parallelismo, cui l' asse terrestre va soffrendo con somma lentezza. Questo fa sì, che rivolgendosi la terra nella propria orbita, giugne a presentare di bel nuovo il suo equatore al sole prima di terminare *esattamente* l' intiero suo giro; e conseguentemente il luogo apparente del sole si riferisce

non già a quel punto dell' eclittica, ov' egli si scorgeva nell' equinozio antecedente, ma bensì ad un altro, ch'è un poco più indietro del termine dell'apparente sua orbita: dal che ne avvien poi, che quel tal punto di prima, ossia la stella, che l'occupa, comparisce di essere avanzata per uno spazio corrispondente. Per formarsene una chiara idea vale la pena di rivolger lo sguardo alla Figura 1 della Tavola VIII, ove supponsi la terra collocata in A nel tempo dall'equinozio di primavera, per iscorrer poscia la sua orbita A B C D; e 'l sole nel centro S. In tal posizione di cose rapporterassi egli, siccome abbiam detto, al punto C, ovvero alla costellazione di Ariete. Se diamo il caso, che la terra rivolgendosi da A in B, in C, in D, nell' annuo suo corso, inclini talmente il suo asse, che presenti di bel nuovo al sole S il suo equatore prima di giugnere precisamente al punto A, d'onde dipartissi: suppongasi per cagion d'esempio, qualor sia giunto al punto 2; è chiaro, che il sole rapportandosi allora al punto 3, ossia alla costellazione di pesci, farà comparire, che la costellazione di Ariete, a cui egli si riferiva nell' altro equinozio, sia avanzata da 3 a C. La qual cosa succedendo di mano in mano in ciascun anno, fa poi sembrare a capo di molti secoli d' esservi stata una *precessione*, ossia un avanzamento ne' punti equinoziali. Or la cagion produttrice di un tal fenomeno è certamente l'attrazione del sole, e della luna sulla regione dell'equatore terrestre, la quale dimostreremo esser rilevata sulle rimanenti in forza della rivoluzione della terra intorno al proprio asse. Questo maggior cumu-

Tav. VIII. Fig. 1.

lo di materia dunque nella regione equatoriale fa sì, che la medesima venga attratta con maggiore efficacia dal sole, e dalla luna; e quindi ch'ella giunga di bel nuovo allo stesso equinozio, oppure allo stesso tropico, 50 secondi di un grado, ossia 20 minuti, e 17 secondi e $\frac{1}{2}$ di tempo, prima di terminare intieramente il suo corso. Questo è ciò che dicesi *anno tropico*, la cui durata abbiam detto (§. 171) essere di 365 giorni, 5 ore, e 49 minuti; talchè vien superato di 20 minuti, e 17 secondi e $\frac{1}{2}$ dall'*anno sidereo*, ovvero da quello, che la terra impiega per terminare perfettamente l'intiero suo corso, ossia, per giugnere di bel nuovo sotto quella stella, onde dipartissi nel cominciarlo. Ma poichè l'azione della luna nella produzione di un tal fenomeno è maggiore di quella, che v'impiega il sole; ed oltreacciò non può esser sempre uniforme, sì per cagione del continuo cangiamento de' suoi nodi (§. 178), sì ancora per essere varia la sua inclinazione all'equatore, cosicchè nelle differenti sue rivoluzioni ella si allontana più, o meno dall'equatore medesimo, ed opera su di esso con minore, o maggior forza: dee necessariamente seguirne non solo una ineguaglianza nella precessione degli equinozj, ma eziandio una specie di barcollamento, detto propriamente *nutazione*, nell'asse terrestre. Da cagioni analoghe a questa, o vogliam dire da un certo cangiamento, cui va soffrendo l'orbita terrestre in virtù dell'attrazion de' pianeti, dipende altresì la variazione, che si è osservata dagli Astronomi di tutt' i tempi, e che tuttavia si osserva, nella obbliquità dell' eclittica, la quale a tenor dei

calcoli del Signor de la Lande, vassi sceman-
do a ragione di 33 secondi per secolo. Fassi
ella ascendere attualmente a 23 gradi, e circa
28 minuti.

237. Se i pianeti si riguardassero dal sole,
ch'è il centro comune de' loro movimenti, ve-
drebbonsi eglino proceder sempre regolarmente
ne'lor giri, ossia dall'Occidente all'Oriente, se-
condo l'ordine de' segni dello Zodiaco, Ariete,
Toro, ec., o come gli Astronomi dicono, *in
consequentia*: ma poichè noi, che li riguardia-
mo, siam collocati sulla terra, ed oltreacciò
siam perennemente trasportati colla terra me-
desima intorno al sole; ne avvien di ragione,
che i movimenti de'pianeti ci compariscano ir-
regolari, disortachè veggonsi eglino or *diretti*,
e vogliam dire procedenti secondo l'ordine
de' segni; ora *retrogradi*, ovvero contro l'or-
dine de'segni medesimi; ed ora finalmente *sta-
zionarj*, ossia immobili in certo modo. Per
ispiegare siffatti fenomeni nel suo sistema vi-
desi costretto il gran Tolommeo a finger tanti
epicicli, ossia cerchi *eccentrici*, che i pianeti
dovean descrivere nell' immenso lor corso: nè
v'ha chi non vegga, quanto sia insussistente, ed
assurda cotal supposizione. Al contrario la loro
spiegazione non solamente riesce agevolissima nel
sistema Copernicano, ma ne avvalora grandemen-
te la ragionevolezza, e ne conferma la veraci-
tà. Suppongasi il sole collocato in S; D F E
esser l'orbe di Venere; GIH quello della ter-
ra; B K C il Firmamento. Se ci piaccia d'im-
maginar la terra situata nel punto A, e il pia-
neta di Venere in F, seguiranne di ragione,
che movendosi egli da F verso D comparirà

Tav. VI. Fig. 2.

diretto, poichè lo vedremo avanzar regolarmente da K verso B secondo l' ordine dei segni. Proseguendo ella poscia il suo cammino da D verso x, ci sembrerà per qualche tempo immobile, o vogliam dire *stazionario*; per cagione, che la stessa visuale A B, durante quel tratto di tempo, sarà diretta verso la terra. Quando egli finalmente continuerà a rivolgersi da x verso E, ciascun si avvede, che rapportandosi il suo moto al Firmamento, sembrerà a noi, che egli arretrandosi di mano in mano, vada scorrendo da B a C contro l'ordine de' segni, e sia conseguentemente *retrogrado*, per poi ravvisarsi diretto di bel nuovo nell' avanzar che farà da E verso F. E se alla supposizione già fatta di esser la terra nel punto A, aggiungasi quella di andare anch' ella scorrendo nel suo orbe G I H, siccome effettivamente addiviene; vi sarà una ragione di più, per cui dovranno accadere i fenomeni divisati; i quali, siccome ognun vede, non sono, che apparenti. Or come mai potrebbero i medesimi succedere, qualora la terra occupasse il centro del Sistema, giusta il pensar di Tolommeo? Essendo i pianeti nei due punti D, ed E, ove le tangenti AB, AC vengono a contatto coll' annuo lor orbe, diconsi essere nella massima loro *Elongazione*, ossia nella massima distanza dal sole, la cui misura viene espressa dall' angolo K A C. Ed in fatti progettandosi il sole S in K nell' ampia volta del firmamento, è ben manifesto non esservi altri punti nell' orbe D F E, ne' quali ritrovandosi il pianeta, l' angolo di elongazione venga misurato da archi maggiori di K B, oppur di K C.

238. Colla medesima facilità, e con uguał soddisfazione possono spiegarsi nel sistema Copernicano tutt' i rimanenti fenomeni celesti, il cui minuto detaglio spetta di proposito ai particolari trattati di astronomia. Vi sono delle macchine denominate *Planetarie*, le quali caricate a guisa di oriuoli, fanno muover la terra, e i rimanenti Pianeti co' loro naturali movimenti, e nei rispettivi tempi indicati di sopra (§. 191), dimodochè ne sieguono evidentemente tutt'i fenomeni dichiarati in questo articolo. Vi si scorgono parimente le fasi lunari, e gli ecclissi; si rileva la durata del giorno, e della notte in qualunque luogo della terra in qualsivoglia giorno dell' anno, come altresì la declinazione giornaliera del sole; e finalmente scorgesi quai sono i luoghi della terra, a cui il sole è verticale in qualunque dì. Ve n' ha in Napoli quattro eccellenti, una delle quali appartiene alla R. Accademia Militare, un' altra al Cavaliere D. Giovanni Vivenzio, il cui pregevolissimo gabinetto si va aumentando di giorno in giorno coll' acquisto di macchine della maggior costruzione, le due rimanenti son mie; ed una di esse è destinata principalmente a dimostrare in grande, e colla maggior precisione possibile i diversi moti della terra, e tutt' i fenomeni, che ne derivano.

239. Sembrerà un paradosso a primo lancio il dire, che la terra è più vicina al sole in tempo d' inverno, che di state; eppure è questo un fatto evidentissimo dipendente dalla figura ellitica della sua orbita, di cui ragioneremo nella Lezione seguente. Consta dalle os-

oni, su cui non cade verun dubbio, che
ietro apparente del sole, misurato per
Micrometro (§. 196), è notabilmente
re in tempo d'inverno: indizio certis-
della maggior vicinanza del pianeta a noi.
vasi la terra impertanto nel suo *Afelio*,
nella sua massima distanza dal sole, nel
li Giugno, in tempo che si approssima al
Solstizio estivo; e nel suo *Perielio*, ovvero *nel-*
sua minima distanza dal sole, nel mese di
re, qualor si avvicina al Solstizio d'In-
no, e siffatta differenza ascende pressochè
trentesima parte della distanza totale della
a dal sole, ossia a 70 diametri terrestri,
ivalenti a più di un milione di leghe. La
ione, per cui abbiam la State in tempo del-
la massima distanza dal sole si è, che allora
i raggi solari cadendo a perpendicolo *sulla ter-*
ra, son perciò più concentrati, e 'l calore fas-
si più attivo, che in tempo d'Inverno allor-
chè l'obbliquità grande dei raggi medesimi fa
sì, che ne cada un minor numero su di una
data estension di paese, andandosi gli altri a
disperdere a maggiori distanze. Si aggiugne a
questa un'altra potentissima cagione, qual'è
quella della lunga durata dei giorni in tempo
di State (§. 234), la quale cagiona, che il
sole abbia tempo di riscaldare notabilmente
la terra, senza che possa quella raffreddarsi nel-
le corte notti, che sieguono; cosicchè aumen-
tandosi perciò considerabilmente il calore ogni
giorno si accumula fino a un tal grado, che
rendesi eccessivo, ed insopportabile, tutt'al-
trimenti di ciò che accade l'inverno, a moti-
vo delle lunghissime notti (§. 234), le quali

sono atte a dissipare il calore generato dal sole nella breve durata de' giorni.

LEZIONE IV.

Dell' applicazione delle forze centrali al moto de' corpi celesti; e quindi del flusso e riflusso del mare.

ARTICOLO I.

Delle teorie delle forze centrali, rapportate a' corpi celesti.

240. Abbiam veduto nell' antecedente Lezione, che i corpi, che si rivolgono su linee curve, debbono necessariamente esser tratti almeno da due forze, una delle quali sia capace a farli deviare dalla tangente di quelle (§. 136); e che movendosi un corpo in giro in guisa tale, che tirati de' raggi a un punto qualunque da' varj punti della sua orbita, descriva egli le aje all' intorno di quel punto proporzionali ai tempi, è un segno evidentissimo d' esser egli tratto da forze tendenti a quel punto come verso di un centro (§. 144). Ora essendo manifesto in virtù delle più accurate osservazioni praticate dagli Astronomi, che i pianeti primarj descrivono aje proporzionali ai tempi all' intorno del sole, non altrimenti che i pianeti secondarj intorno a' loro primarj; non si avrà

veruna difficoltà di affermare, che la forza, onde i pianeti primarj, deviando dalle tangenti rettilinee, vengono obbligati a muoversi all' intorno del sole, abbia per centro il sole medesimo; nella guisa appunto, che la forza dei pianeti secondarj dee aver per centro i rispettivi loro primarj. E poichè tirandosi de' raggi da' varj punti delle orbite de' pianeti primarj alla terra, si trova che le aje da essi descritte non sono proporzionali a' tempi; necessario è il dire, che il sole e non la terra sia il centro de' loro movimenti; e quindi che il vero Sistema del mondo sia in realtà il Sistema Copernicano (§ 148).

241. Stabilita siffatta verità con tutta l'evidenza, è cosa agevolissima il rintracciar la legge, onde opera l' indicata forza centrale, quando vogliasi avere in mira la seconda famosa legge di Keplero, che riguarda il rapporto costante tra le orbite de' pianeti, e 'l tempo, che essi impiegano per iscorrerle. Scorgendo egli, che quantunque l'orbita di Giove non sia, che cinque volte maggiore di quella della terra, pure impiega egli dodeci volte più di tempo nello scorrerla, si applicò di proposito a rintracciarne la cagione; e dopo moltissimi, e replicati tentativi, gli riuscì finalmente di ritrovare, che *i quadrati dei tempi periodici de' pianeti sono come i cubi delle loro distanze medie dal sole.* Così, per modo di esempio, siccome il quadrato del tempo periodico di Giove è 140 volte maggiore del quadrato del tempo periodico della terra, così il cubo della distanza media di Giove dal sole è 140 volte maggiore del cubo della distanza media della terra dal so-

le medesimo. La qual cosa non solamente si avvera ne' pianeti primarj, ma benanche ne' secondarj, a tenore di ciò che ad altri Astronomi è riuscito d'investigare. Di fatti paragonando le distanze de' satelliti di Giove, e di Saturno, colla durata delle loro rivoluzioni intorno a' rispettivi pianeti, vi si ritroverà evidentemente il medesimo rapporto. Lo scuoprimento adunque della testè dichiarata legge Kepleriana servì a Newton di regola infallibile, e lo condusse quasi per mano a rintracciare, che la forza centrale, onde i pianeti son ritenuti nelle loro rivoluzioni, e quindi obbligati ad aggirarsi intorno a' loro centri per curvi sentieri, è *nella reciproca ragione de' quadrati delle distanze da' centri medesimi*. Egli è ora dimostrato in Matematica esser tale la legge, che compete alle forze centrali di que' corpi, che rivolgendosi in orbite prossimamente circolari, danno i quadrati de' tempi periodici come i cubi delle loro distanze dal comun centro del loro movimento; siccome d'altra parte dandosi per certo, che i corpi celesti, esempigrazia, descrivano orbite ellitiche, od anche un' altra sezione di cono, ne dee necessariamente seguire, che la forza centrale, onde sono animati, è nella ragione inversa de' quadrati delle distanze.

242. La sublimità dell' ingegno di Newton squarciandogli arditamente il tenebroso velo dell' ignoranza, condusselo mercè la scorta de' rammentati lumi a poter rinvenire, che la forza centrale de' pianeti, di cui si è ragionato fin qui, non differisce punto da quella di gravità, che abbiam veduto competere a tutt' i corpi terrestri (§. 69). S'egli è fuor di conte-

tri pianeti, nulla differisce dalla forza di gravità de' corpi terrestri; e che l'immensa massa del sole spandendo abbondantemente tutto all' intorno fino a distanze incomprensibili la propria attrattiva forza; quasi sovrano di tutti gli astri del nostro Sistema, efficacemente a sè gli trae, e se gli fa rivolgere intorno con perpetui, e regolati giri, non altrimenti che la Terra, Giove, Saturno, ed Herschel, a sè traggono, e fanno ruotare le loro rispettive lune; essendo da quelle, non meno che il sole da tutt' i pianeti, per virtù di attrazione tratti ugualmente. Dal che avvien poi, che incontrandosi eglino ne' loro giri in varie distanze, ed in diverse direzioni, disturbano vicendevolmente in qualche modo i regolari loro movimenti, e cagionano quelle tali *anomalie*, o irregolarità, che dir si vogliano, la cui misura si scorge in virtù del calcolo corrisponder benissimo alle note leggi della gravità, e dell' attrazione.

243. Dalle cose fin qui dette può chicchessia manifestamente scorgere, come l' uomo stabilito in una immensa distanza dagli astri, e costituito dalla natura a non potersi sollevare un palmo, per così dire, al di sopra della superficie terrestre, può poscia, mercè gl' ingegnosi sforzi del suo intelletto, trasportarsi come a volo ne' vasti spazj del cielo, per esaminarvi a bell' agio le leggi portentose de' loro moti; quanto sia deplorabile l' ignoranza di coloro, i quali privi di siffatti lumi, riguardano come favole, e come cose affatto insussistenti tutto ciò che dagli Astronomi si asserisce relativamente a corpi così lontani da noi. E' agevole il ravvisar d' altronde, quanto sia smi-

curata l' alterigia dell' uomo, il quale essendo abitator della terra, che riguardar si può ragionevolmente come un punto matematico nella vastità del mondo, osa presumere, che il sole, i rimanenti pianeti, forse anch' essi forniti di abitatori (§. 151), e le innumerabili immense moli delle stelle fisse (§. 154), abbiansi a rivolgere intorno ad essolui, qual signore dell' universo, nel cui centro immagina egli orgogliosamente di tener la sua sede. Che però il saggio Pope ebbe gran ragione di dire, esser l' uomo a un tempo stesso.

E lo scorno, e l' onor della Natura.

244. Uopo è dunque considerare i pianeti a guisa di tanti corpi projettati, per così dire, dalla mano dell'Onnipotente fin dal tempo della lor creazione; i quali, se avessero dovuto ubbidire soltanto a cotesta forza, sarebbero andati a disperdersi, chi sa con qual successo, nell' immenso spazio de' cieli; siccome d' altra parte sarebbero andati a piombare nel lor centro, qualora scevri dell'accennata forza di projezione, avessero dovuto unicamente seguire la legge di gravità. Per la qual cosa animati eglino d' ambedue coteste poderose forze nel tempo stesso, dovettero in virtù dell'esposte leggi incominciare immediatamente a descrivere una curva intorno al centro del lor movimento: e lo scorgersi di fatti, che tutt' i corpi celesti aggiransi in linee curve intorno ai centri de' loro movimenti, è un certissimo indizio, ch'essi eseguono i loro moti, e mantengonsi equilibrati in quelli per virtù delle additate forze.

245. Egli è cosa dimostrata, che se la velocità comunicata al mobile dalla forza di pro-

jezione, è nella ragione inversa della radice del raggio, ossia della distanza in cui quello si rivolge; la curva, che descriverà, sarà certamente un cerchio. Ma siccome giusta la famosa, ed interessante scoperta fatta da Keplero col paragonare tre distanze di Marte dal sole in più osservazioni, è cosa indubitata, che i pianeti si rivolgono in orbite ellitiche, in uno de' cui fuochi è il sole; uopo è affermare, che la velocità primitiva comunicata ai pianeti nel punto della massima loro distanza dal sole, ossia dell'*Afelio*, dovè esser minore dell'accennata di sopra; e che prevalendo in conseguenza la forza di attrazione, dovettero quelli esser tratti di mano in mano a maggior vicinanza del sole, descrivendo una curva, i cui punti fossero meno lontani dal sole medesimo di quel che sarebbero stati i punti della circonferenza di un cerchio del medesimo raggio. Supponghiamo dunque, che il pianeta partitosi dal suo *Afelio* A con una forza di projezione minore di quella, che sarebbe stata necessaria per descrivere un cerchio del raggio A S, qual sarebbe GAH; e tratto quindi successivamente verso il sole S, fosse giunto al suo *Perielio* B, ossia al luogo del suo massimo avvicinamento al centro del suo moto. Avendo egli nel tratto di un tal cammino dovuto descrivere spazj proporzionali ai tempi, siccome fu per la prima volta scoperto da Keplero, e siccome abbiam già dimostrato (§. 143) dover avvenire in virtù delle forze centrali; ne siegue per necessaria conseguenza, che la sua velocità ha dovuto accrescersi di mano in mano, essendo cosa evidentissima, che il pianeta ha dovuto

Tav. I. Fig. 8.

impiegare maggior tempo nello scorrere l' arco AE, che l'arco EB per essere l'aja ASE molto maggiore di ESB: ma questi due archi sono uguali; dunque ha egli dovuto scorrer su di EB con maggiore velocità. E poiche siffatta velocità si accresce nella ragione inversa della distanza; se supponiamo, che BS sia la quarta parte di AS, essendo la distanza in B, quattro volte minore, che in A; ne siegue, che la velocità del pianeta in B, sarà quattro volte maggiore di quella, che avea in A. Abbiam di sopra osservato, che la velocità necessaria per far che un mobile descriva un cerchio, è nella ragione inversa della radice del raggio. Or supponendo AS uguale a 4, e BS uguale ad 1, le radici di tali distanze saranno come 2 ad 1. Se dunque la velocità richiesta, affin chè il pianeta descrivesse un cerchio, essendo in A, era come 1, si richiede che la medesima sia ora doppia per far che il pianeta, essendo in B, descriva un cerchio del raggio BS. Ma si è poco fa rilevato, che il pianeta scendendo da A in B, ha acquistata una velocità quattro volte maggiore: chiaro dunque si scorge, ch'essendo egli dotato in B di una quantità di forza doppia di quella, che si richiede per poter descrivere un cerchio del raggio BS, dee necessariamente abbandonare una tal direzione; e quindi montar su verso F, discostandosi dal centro, fino a tanto che diminuita la velocità di mano in mano per cagioni contrarie a quelle, per cui si accrebbe nel discendere dall' altra parte dell' asse AB, va a descrivere salendo la stessa curva, che ha descritta

nella discesa; talchè rientrando in quella di bel nuovo, viene conseguentemente a descrivere un' orbita ellitica.

246. Quindi scorgesi ad evidenza, che i pianeti non sono sempre ugualmente distanti dal sole in ogni punto della loro rivoluzione; e che fra tutte coteste distanze ve n' è una *media*, qual sarebbe in E, o in F; come altresì, che le velocità, ond' essi si muovono, non sono le medesime in ogni parte delle loro orbite, corrispondentemente a ciò che si è dimostrato nel §. 245.

247. La dichiarata famosa legge di Keplero, riguardante i tempi periodici de' pianeti, è fecondissima di conseguenze; e tra le altre veramente ammirabili da essa dedotte una si è quella di poter rilevare le distanze, in cui i pianeti primarj si rivolgono intorno al *sole*, e i secondarj intorno a' primarj, tostochè si sappia il tempo, ch'essi impiegano nel fare le loro rispettive rivoluzioni. Dicasi per esempio: come il quadrato del tempo periodico della terra è al quadrato del tempo periodico di qualunque pianeta, così il cubo della distanza media della terra è al cubo della distanza media del pianeta dal sole istesso. Del resto tutte le teorie delle forze centrali somministrano de'lumi per rintracciare certe verità spettanti a' corpi celesti, la cui cognizione non potrebbe altrimenti giugnere a noi. E a dir vero, uno degli usi eccellenti, ritratti dalle medesime, si è quello di poter manifestamente conoscere le rispettive masse, e densità de' differenti pianeti. Riduciamo questa dottrina ad un fatto, affin di renderla pienamente intelligibile. Si sa per

virtù di osservazioni, che la distanza, in cui la Luna si rivolge intorno alla Terra, è uguale a un di presso a quella, in cui il primo Satellite di Giove si aggira intorno a un tal Pianeta. Abbiamo già dimostrato, che le forze centrali sono come il quadrato della celerità; che val quanto dire, che se due Pianeti rivolgendosi in orbite uguali, la velocità di uno sia doppia di quella dell' altro, uopo è, che il Sole per ritenere il primo nella sua orbita impieghi quattro volte più di forza di quella, ch' è necessaria per ritenere il secondo (§. 141). Per la qual cosa essendo noto agli Astronomi, che la velocità, onde il mentovato Satellite descrive la sua orbita intorno a Giove, è sedici volte maggiore di quella, onde la Luna si rivolge intorno alla Terra; rendesi eziandio manifesto, che la forza, onde Giove ritiene il suo Satellite, è 256 volte maggiore di quella, onde la Luna è ritenuta dalla Terra; per essere 256 il quadrato di 16, ch' esprime la velocità. Or siccome questa forza attrattiva è proporzionale alla quantità della materia (§. 138), da quel che si è detto si deduce, che la massa di Giove è 256 volte maggiore della massa terrestre. Quindi se il volume di Giove superasse 256 volte il volume della Terra, ciò indicherebbe, che la densità di Giove sarebbe uguale a quella della Terra; ma poichè lo supera di 1246 volte, in cui 256 si contiene 4 fiate (lasciando da parte le frazioni); ciò fa vedere, che ci vuole la quantità di materia contenuta in quattro parti del volume di Giove, per uguagliare quella che contiensi in una parte sola del volume della Terra; e conseguentemente che la

[illegible] della Terra è quanto volte [illegible]
di [illegible].
[illegible] La stessa regola ci dà similmente la
[illegible] di Saturno rispettivamente alla Terra;
[illegible] il metodo, di cui ha fatto uso il
[illegible] da siffatti risultati si rile-
[illegible] Pianeti crescono in densità
[illegible] più prossimi al Sole; sup-
[illegible] che la stessa legge
[illegible] Pianeti, si sono quindi
[illegible] di Venere, Mar-
[illegible] la cui potenza attraente, o
[illegible] dir si voglia, non si può
[illegible] anzidetto, per esser [illegible]
[illegible] Satelliti.
[illegible] A vista di tanti luminosi argomenti ap-
portati fin qui relativamente ai moti de' corpi
celesti, scorgerassi manifestamente su quali so-
de fondamenta sia appoggiato il Sistema Coper-
nicano, e quanto sieno frivole ed insussisten-
ti le obbiezioni, che si soglion fare contro di
esso. Nè sono punto ragionevoli gli argomenti,
che si traggono dalle Sacre Scritture, in cui
parlasi sovente del nascere, e tramontar del
Sole, e dove trovasi registrato parimente, che
Giosuè essendo alla testa dell'esercito Israeliti-
co contro i Re degli Amorrei all'assedio di Ga-
baon, ordinò al Sole, che arrestasse il suo corso,
ad oggetto di prolungare la battaglia. *Sol,* disse
egli, *contra Gabaon ne movearis, et Luna con-
tra vallem Ajalon.* Indi soggiugne *steteruntque
Sol, et Luna, donec ulcisceretur se gens de ini-
micis suis. Jos. Cap. X. vers.* 12. E' possibile però,
che non si voglia riflettere, che i sacri Autori
si sono adattati al linguaggio, che si usa nella

società, appoggiato sul moto apparente de' corpi celesti! Se gli Astronomi stessi, comecchè persuasissimi d l moto della Terra, non solo ne' loro ragionamenti familiari, ma eziandio ne' loro libri, servonsi del comune linguaggio, dicendo, che il Sole nasce, e tramonta; qual meraviglia è poi che facciano lo stesso i sacri Scrittori, il cui scopo era tutt' altro che insegnar l' Astronomia? Se Giosuè nella riferita giornata avesse detto: *Fermati, o Terra,* sarebbe stato riputato uno stupido da tutte le sue genti, e forse avrebbe eccitato in esse delle risa, oppure gli sarebbe convenuto di fare una lezione di Astronomia per giustificare la sua proposizione. Cosa, che non solo sarebbe stata fuor di luogo, e fuor di tempo, trattandosi di una battaglia formidabile, ma è anche da riflettersi, che pochissimi, e forse niuno dell' esercito sarebbe stato al caso di comprenderla. Intendasi così di tutte l' espressioni simiglianti, che s'incontrano qua e là nelle Sacre Scritture. Oltreacchè, quando si volesse stare al senso puramente letterale, non sarebbe difficile il rinvenire nelle Sacre Carte espressioni tali, che sembrassero autorizzare il movimento della Terra. *Moveatur mare,* dice il Salmista, *et plenitudo ejus, orbis terrarum, et universi, qui habitant in eo.* Ma ognun vede esser tutt' altro il senso di questa, e di simiglianti espressioni.

250. Ciò basta per darvi una qualche idea de' fonti, da cui sono derivate parecchie utilissime verità astronomiche, la cui intelligenza contribuisce moltissimo a far acquistare un adeguato conoscimento delle interessantissime leggi dell' Attrazione, le quali per virtù d' un esame

assai severo; scorgonsi mirabilmente connesse col Sistema generale del Mondo.

ARTICOLO II.

Del Flusso, e Riflusso del Mare.

251. Osservasi nel mare un fenomeno meraviglioso, qual'è quello, che le sue acque sollevandosi per ben due volte al di sopra del loro naturale livello, e quindi abbassandosi alternativamente per altrettante fiate nell'intervallo di presso a 24 ore e tre quarti, vanno ad innondar le sue rive, e poi le abbandonano di bel nuovo. Questo è ciò, che dicesi *Marea* ed anche *Flusso e Riflusso* del mare; denominandosi poscia specialmente *alta Marea* l'innalzamento delle acque, e *bassa Marea* la loro depressione. Cotal portentoso fenomeno ha destata in tutt'i tempi la curiosità, e l'attenzione dei Filosofi, la maggior parte de' quali si son ritrovati oltremodo imbarazzati nel volerne dare una spiegazione soddisfacente. Non v'ha però alcun frà gli antichi, che ne abbia ragionato con maggior precisione ed aggiustatezza, quanto Plinio il vecchio, il quale nel secondo libro della sua Storia naturale rammentandone distintamente le più minute circostanze, lo fa francamente derivare dalla forza attrattiva del Sole, e della Luna sulle acque marine. Vi sono stati di quelli, che l'anno attribuito a' fiumi, i quali, precipitandosi nel mare, cagionassero l'elevazione delle sue acque: altri hanno immaginato che procedesse da un assorbimento, e da una espulsione alterna delle acque

marine entro a voragini immense, esistenti nel fondo di quelle; e v' han di coloro, che lo han creduto un effetto di un bollore, originato da fuochi sotterranei. Galilei è stato di opinione che fosse cagionato dal moto diurno ed annuo della Terra (§. 232). Keplero però ch' ebbe un' idea assai precisa della forza di attrazione, lo spiegò col mezzo di quella, siccome era stato indicato da Plinio: e Nevvton dopo di aver rintracciate le leggi di siffatta prodigiosa forza, seppe adattarle così bene alla spiegazione delle Marèe, e corroborò la sua teoría con tali dimostrazioni, che può essa giustamente riputarsi tutta sua. Aggiuntesi le speculazioni, e le fatiche di Halley, Bernoulli, Eulero, Maclaurin, e d'Alembert, si è renduta la cosa così manifesta, che pare non esser più soggetta a veruna sorta di dubbio.

252. Gli argomenti e i fatti luminosi, su cui è fondata la testè indicata teoría, sono i seguenti. Osservasi in primo luogo, che le rammentate due Marèe giornaliere (§. 251) non avvengono sempre all' istessa ora, ma ritardano da un giorno all' altro circa 3 quarti d' ora (e propriamente di 48' 46''), corrispondentemente al ritardo dell'arrivo della Luna al meridiano. In secondo luogo è cosa osservabile, che il periodo delle Marèe non differisce punto da quello della Luna; giacchè in fine di ogni lunazione, o vogliam dire al termine di ogni rivoluzione sinodica (§. 172), le Marèe veggonsi seguire a un di presso alla medesima ora. In terzo luogo egli è cosa costantissima, che le Marèe sono più considerabili e più forti in tempo delle sigizie, ossia in tempo della

nuova Luna, e della Luna piena, che durante le quadrature (§. 177). Inoltre avviene generalmente, nè si pone affatto in dubbio, che le Marèe di cui si ragiona, sono assai più sensibili in tempo che la Luna è *perigèa*, ovvero nella sua massima vicinanza della Terra, che quand'ella è *apogèa* ossia nella sua massima distanza dalla Terra medesima: e la differenza è così grande, ch'essendo la Luna perigèa, succedono Marèe tali nelle sue quadrature, che giungono ad uguagliare quelle delle sigizie apogèe. Da un grandissimo numero di osservazioni praticate a Brest viene evidentemente a risultare, ch' essendo la Luna nella sua media distanza, produce una Marèa di 13 piedi e 5 pollici; laddove essendo apogèa, non la produce che di 10 piedi e 10 pollici; siccome la è di 16 piedi essendo perigèa; cosicchè l'elevazione delle acque marine varia a norma delle distanze lunari; ed in tempo delle sigizie perigèe sorpassa di più di cinque piedi quella, che suole accadere nelle sigizie apogèe. E siccome la massima distanza della Luna è alla sua distanza minima come 8 a 7, i cui cubi sono come 3 a 2; così sono eziandio gli effetti della sua forza, ossia le Marèe osservate durante le accennate distanze. E' già dimostrato presso gli Astronomi, che quantunque l' intiera forza attrattiva della Luna sia nella ragione inversa de' quadrati delle distanze (§. 242), nulladimeno però è in quella de' cubi, qualora *ella* si scompone nella forza orizzontale, ed in quella che siegue la direzione del raggio terrestre per aver l'effetto, ch'ella produce sulla gravità delle acque relativamente al centro della Terra.

253. Dall' osservarsi costantemente, che le marèe sono maggiori in tempo delle sigizie (§. 252), manifestamente si deduce, che ove l'azione lunare trovasi congiunta a quella del Sole, viensi ad aumentare notabilmente il loro effetto: per conseguenza non è da mettersi in dubbio, che il sole abbia parimente qualche influenza sulla produzione delle marèe: tanto vieppiù, che consta dalle osservazioni rapportate dal Signor Cassini nelle Memorie dell'Accademia delle Scienze di Parigi, che le marèe del solstizio d'Inverno sono maggiori di quelle del solstizio estivo. Or egli è certo, che la distanza del Sole dalla Terra nel principio di Gennajo, qualora egli è nel suo perigéo, è a quella, in cui egli si ritrova nel principio di Luglio, quando è nell'apogèo, come 9832 a 10168; talmentechè rapportando tra loro i cubi di siffatte distanze, viensi a rilevare, che la forza solare nella produzione del fenomeno in quistione, è maggiore d'una decima parte in tempo d'Inverno, che nella State. Ed in vero, anche lasciando da parte fatti così luminosi, è cosa naturalissima il supporre, che il Sole, la cui attrazione sulla Terra, non che su' rimanenti Pianeti, è tanto sensibile, e manifesta, debba esercitarla eziandio sulle acque del mare, quantunque meno efficacemente della Luna, per cagione della sua prodigiosa distanza da quelle. Per verità reca grandissimo piacere lo scorgere, che gli Astronomi a forza di osservare i varj fenomeni delle marèe, ed a forza di contemplarli attentamente, sono giunti a rintracciare con evidenza il rapporto scambievole dell'azion del Sole, e di quella

della Luna; giacchè nelle sigizie, ove trovansi eglino congiunti, necessaria cosa è, che gli effetti da essi prodotti sieno la somma delle loro azioni; laddove nelle quadrature, allorchè le loro azioni fansi in direzioni differenti, gli effetti medesimi esprimer debbono per necessità la differenza di quelle. Di fatti essendosi rilevato dalle osservazioni riferite da Bernoulli, che le marèe (suppongasi a S. Malò) delle sigizie sono a quelle delle quadrature, come 50 a 15, ossia come 10 a 3; è manifesto, che a tenor di tali osservazioni le forze impiegate dai due luminari per produrre quelle tali marèe, sono tra loro come 13 a 7; giacchè la somma di questi due numeri, ch'è 20, è a 6, ch'è la loro differenza, come 10 è a 3, ossia come le marèe osservate. Ma 13 è poco meno che il doppio di 7. Dunque la forza impiegata dalla Luna per produr le marèe, è poco men che doppia di quella, che s'impiega dal Sole. Nulladimeno però, giusta le osservazioni più esatte raccolte dal Signor de la Lande, si rileva evidentemente, che l'azion del Sole è a quella della Luna, come 1 a 2 $\frac{1}{10}$, ovvero come 1 a 2 $\frac{1}{2}$ a un di presso.

254. Stabilita evidentemente per via di fatti la vera cagion produttrice del Flusso, e Riflusso del mare; e determinato eziandio il rapporto delle forze, che vi s'impiegano per produrli; egli è tempo ormai di dichiarare il modo, onde essi vengonsi a generare. Or per ben intendere la spiegazione di cotal fenomeno uopo è richiamare alla memoria il principio generale già da noi altrove stabilito, cioè a dire, che la forza di attrazione è nella ragione

reciproca de' quadrati delle distanze. Che però, se la Terra non consistesse, che in una superficie piana, tutt' i suoi punti sarebbero ugualmente attratti dalla Luna, e non vi sarebbe alcuna marea, ma poichè ella è conformata presso a poco alla guisa d'un globo, dee necessariamente seguirne, ch'essendo la Luna in M, le acque del mare, che circondano un tal globo, saranno maggiormente attratte nel punto B, ch'è più vicino alla Luna, che ne'punti F, G, che ne sono più discosti. Per la stessa ragione le acque corrispondenti a cotesti punti F, G, saranno attratte più poderosamente di quelle che esistono in A, e in C, per esser queste più distanti dalla Luna. Per la qual cosa le acque in B innalzandosi più che in F, e in G; e queste similmente più che in A, e in C; dovranno conformarsi in uno sferoide ellittico, non altrimenti che vedrem succedere alla Terra per virtù della forza centrifuga; e quindi inondare que' luoghi della Terra, che a B son vicini: siccome d'altra parte forz'è, che si abbassino in A, ed in C, per correre verso F B G, producendo così il *Riflusso*, overo la *bassa marea*.

T. VIII. Fig. 2.

255. E poichè a tenor della legge indicata di sopra (§. 241), il centro della Terra E, per esser più vicino alla Luna M di quel che sono le acque collocate in L, uopo è, che soggiaccia ad una maggior forza di attrazione, andrassi egli ad accostare maggiormente a quella, e quindi le acque in L essendo meno attratte, resteranno, diciam così, un poco più indietro: ond'è che si conformeranno parimente in questo emisfero inferiore in uno sferoide ellittico, comechè per cagioni del tutto opposte a quel-

Fig. 3.

le, per cui han presa una tal forma nel superiore emisfero A B C. Dal che ne avverrà, che ne'luoghi adjacenti a D vi sarà alta marèa nel punto medesimo, in cui seguirà ne' siti adjacenti a B; che val quanto dire, che si avrà l'alta marèa, sì quando la Luna è sul nostro zenit, che quand'ella è nel nostro nadir. Ciò ch'è seguito in B, ed in D, accaderà dopo lo spazio di circa sei ore nei punti A, C; che val lo stesso che dire, che qualora la Luna, facendo il suo corso intorno alla Terra, sarà giunta in H, produrrassi l'alta marèa ne'punti A, e C, per le stesse ragioni, per cui si produsse in B, ed in D, nei quali conseguentemente farassi ora la marèa bassa: e così si ragioni de' rimanenti punti della superficie terrestre; inguisachè ritornata la Luna al punto M nell'intervallo di circa 24 ore; e tre quarti, si troverà di aver cagionato in ciascun lido del Globo due marèe basse, e due alte, che si son succedute alternativamente dopo lo spazio di circa sei ore. Che però a tenor di tali cose ci sarà permesso d'immaginarci, che il mentovato sferoide acquoso siegua tutt'intorno della Terra il corso della Luna, e vada così mano mano inondando que' luoghi, che si trovan vicini alla sua sommità, ossia nella direzione del suo grand'asse, lasciando successivamente a secco quegli altri, che trovansi corrispondere al suo picciolo asse, ovvero ai suoi lati.

Tav. VIII. Fig. 2.

256. Se essendo la Luna in M, avvien che il Sole si trovi in N in congiunzione colla medesima, la sua forza di attrazione unirassi a quella della Luna; e cospirando perfetta-

mente entrambi, produrranno un effetto uguale alla somma delle loro forze, e conseguentemente innalzeranno le acque ad una maggiore altezza. Rendesi dunque manifestissima la ragione, onde le Maree sono più alte, e più rimarchevoli in tempo delle sigizie (§. 252). Ugualmente chiaro rendesi eziandio, che le Maree esser debbono più basse, e più deboli essendo gl'indicati luminari nelle loro quadrature (*ivi*), conciossiachè l'effetto da essi prodotto uopo è, che uguagli la differenza delle loro forze. Ed in fatti, supponendo la Luna in H, e il Sole in P, ovvero in O, le direzioni, onde agiranno le loro forze, sono in qualche modo opposte; cosicchè la Luna si sforzerà di trar le acque verso H, e il Sole farà forza d'innalzarle verso P. Dal che dovrà seguire, che se la sola forza lunare fosse capace d'innalzarle fino all'altezza di sei piedi, e il Sole fino all'altezza di due; l'innalzamento, ossia la Marèa, non sarà che di 4 piedi dalla parte della Luna; uguale all'eccesso, ovvero alla differenza della sua forza; paragonata a quella del Sole.

Tav. VIII, Fig. 2.

257. Parecchi son di parere, che le Marèe degli Equinozj sieno generalmente le massime fra tutte; ma il Signor de la Lande dopo di aver seriamente, e con somma maestria, ed accuratezza esaminato questo punto, crede poter conchiudere, che nè le osservazioni, nè la teoría sono favorevoli a cotale opinione; e che se talvolta avvengono delle Marèe grandissime durante gli Equinozj, sono elleno del tutto accidentali, ed attribuir si debbono non già all'attrazione degli accennati luminari, ma ben-

violenza de' venti, da cui se ne sogliono
durre anche in altri tempi dell' anno.
vero però, che ne' luoghi collocati al
o dell' Equatore, le più alte Marèe se-
ebbono in tempo degli Equinozj; non
nti che in quelli che giacciono al di
e' Tropici, debbono accadere in tempo
olstizio corrispondente, per la ragione che
allora la Luna e il Sole nel loro ze-
sommità dello sferoide acquoso (§. 255)
dee rivolgersi a quello; e quindi forz' è che
inondi massimamente que' tali luoghi sottoposti.
Ciocchè per altro viene anche a soffrire
delle alterazioni, provenienti dalle circostanze
locali, come si avvertirà in appresso.

258. Affin di penetrare più addentro nella teoría delle Marèe, e per poter acquistare una adeguata idea della cosa, vuolsi assolutamente notare, che quantunque il tempo delle Marèe sia esattamente *corrispondente* al passaggio della Luna sul meridiano (§. 252), nulladimeno *non sogliono esse avvenire nel tempo medesimo*, ma un poco più o meno tardi, a tenor delle circostanze de' luoghi. Ne' mari liberi, e vasti, siffatto ritardo è meno considerevole, che ne' mari angusti, ed imbarazzati; e si accresce viemaggiormente ne' siti più lontani dalla Zona torrida, i cui limiti non oltrepassandosi da' due mentovati luminari (§. 226), si fa sì, che ivi sieno i centri delle forze attrattive. Per cagion d'esempio, nell'Isola di S. Elena, collocata nel mezzo dell'Oceano Atlantico, entro i limiti della Zona torrida, il ritardo delle Marèe, ossia la differenza tra l'ora di queste, e quella del passaggio della Luna al me-

ridiano nel giorno della nuova Luna, è di 2 ore ed $\frac{1}{4}$. Al Capo di Buona Speranza, ch' è fuori della Zona torrida, e di 2 ore e $\frac{1}{2}$. Su di alcune coste occidentali della Francia, ove il mare è più libero, come sarebbe in quello di Guascogna, di Guienna, di Poitou, ec., è di tre ore; laddove poi andando più in su, ed innoltrandosi nella Manica, ossia nel Canal d' Inghilterra, si va mano mano accrescendo, inguisachè a S. Malò è di 6 ore; a Barneville di 7; all' Havre de grace di 9; a Dieppe di 10 ore e $\frac{1}{2}$; a Bologna di Piccardia di 11; a Calais di 11 $\frac{1}{2}$; e finalmente a Dunkerque di 12 ore.

259. Or queste tali circostanze fanno chiaramente conoscere, che il mentovato ritardo dipende da cagioni particolari, e secondarie, le quali vietano, che le acque marine ubbidiscano prontamente alla forza, che le domina. Per esserne convinto appieno val la pena di ricorrere alle dottissime Opere di Eulero, Bernoulli, d'Alembert., ec., da cui manifestamente apparisce, che il ritardo in quistione procede in gran parte dall'*inerzia* delle acque, ossia da quella natural proprietà, che hanno i fluidi, di non prendere immediatamente quella conformazione, ovvero quel cammino, a cui vengono determinati da forze esteriori; e quindi continuare a muoversi nella direzione già loro impressa, anche dopo che le dette forze cessano di operare su di essi. Si aggiugne a ciò un certo grado di naturale aderenza, cui hanno tra loro le particelle dell' acqua; il fregamento, cui debbono soffrire durante il lor cammino; e i varj ostacoli de' Continenti, de'

Golfi, degli Stretti, ec., che debbono poi superare in quel tal corso. Tutte queste cose unite insieme fanno sì, che quantunque l'alta Marea debba avvenire in ciascun luogo, qualor la Luna si sforza di sollevar le acque colla massima efficacia possibile, ossia quando ella è giunta al meridiano di quel tal luogo; nulladimeno non si manifesta, che dopo alcune ore, corrispondentemente al numero, alla qualità, ed alla forza delle accennate cagioni, che tendono ad impedirla. In fatti col dare un' occhiata su d' un Globo terrestre si ravvisa di leggieri, che le acque del mar Pacifico innalzate, e spinte, anzi diciam così, trasportate dalla Luna dall' Oriente verso l' Occidente, incontrano prima l' ostacolo della Nuova Zelanda, e nuova Olanda; in seguito quello del Continente dell' Africa; indi passate nell' intervallo frapposto tra l' Africa e l' America, vengono sforzate ad alterare il lor corso, per essere spinte in su da Mezzogiorno verso Settentrione; ed incontrano manomano la costa di Spagna, e di Francia, per internarsi in ultimo nello Stretto di Calais. Ciò dee far sì, che il loro moto si andrà successivamente ritardando, e quindi che l' ora dell'alta Marea seguirà ne' mentovati paesi successivamente più tardi, secondochè si è da noi indicato nel paragrafo antecedente. Nulladimeno però vi sarà sempre una perfetta corrispondenza tra l' ora di cotali Maree, e il passaggio della Luna al di sopra del meridiano.

260. L' indicato successivo movimento delle acque del mare è così certo e manifesto, che ne' luoghi più angusti si è giunto per via di

osservazioni a misurarne il cammino; imperciocchè è già noto, per cagion d'esempio, che sulle coste di Francia scorrono esse lo spazio di 10 leghe nell'intervallo di un'ora; che nel tratto del Mar Rosso, cominciando da Moka fino a Suez, la Marèa richiede, nel giorno della nuova Luna, ben 14 ore per montar su: e siccome siffatto spazio ha la lunghezza di 333 leghe marine (ciascuna di 3 miglia Italiane), ben si vede ch' ella scorre 18 leghe nello spazio di un' ora.

261. L' argine poderoso, cui presentano alle acque i Continenti, le Isole, i Golfi, gli Stretti, ec., non solamente ritiene, e ritarda il lor corso, come si è detto, ma cagiona altresì l'effetto di farle innalzare ad un' altezza considerabile. A S. Malò, per esempio, giungono le Marèe ad elevarsi sino all'altezza di 45 piedi, a cagion che le acque dell' Oceano Atlantico spinte vigorosamente verso la Manica, e non ritrovando quivi un libero passaggio, vengonsi ad accumulare in certo modo; e quindi rimbalzate in parte dalla costa d' Inghilterra, vengono dirette contro quella di S. Malò; ove arrestate, son costrette ad innalzarsi. Le grandi Marèe di Brest s'innalzano fino a 21 piedi: quelle delle coste di Olanda a 17 piedi e $\frac{1}{2}$: quelle di Calais a 18 piedi e $\frac{1}{2}$; laddove nei mari più liberi, ove le acque non si possono accumulare, la loro altezza è di gran lunga minore; dimanierachè non ascende ella al di là di 7 piedi sulla costa meridionale dell' Africa; nè supera tre piedi nell' Isola di Madagascar, in quella di Santa Elena, nelle Filippine, nelle Molucche, ed in tutte quelle del

Mar del Sud, tranne l' Isola di Oteheite, ove giusta le osservazioni di Cook non monta a più di un sol piede.

262. L' incontro delle Marèe nelle anguste testè mentovate suol cagionare d' ordinario delle grandissime alterazioni, ed irregolarità nel loro movimento; il quale turbato, ed accresciuto viemaggiormente per virtù di banchi di arene, di bassi fondi, od anche di venti impetuosi, rendesi furioso a segno, che producendo opposte poderose correnti, burrasche strepitose, tumultuoso innalzamento di acque, oppur vortici orrendi, non solamente riesce fatale a' miseri naviganti, ma minaccia strage, e rovina alle Coste adjacenti. Tal' è appunto il caso del Canale d' Irlanda, cotanto soggetto a' naufragj, per cagion dello scambievole incontro delle Marèe, che vi s'internano dalla parte del Nord, e del Sud nel tempo stesso; e così talvolta accade a un di presso nel Canal d'Inghilterra, ove la Marèa, che scende dall'Oceano Germanico, e fassi strada per un' ampiezza di circa 80 leghe tra la Costa della Scozia, e quella dalla Norvegia, va ad incontrare, non dirò solo lo Stretto di Calais, non più largo di sette leghe, e perciò incapace di dare un libero passaggio a siffatte acque, ma eziandio la Marèa, contraria che procedendo in su dall' Oceano Atlantico, viene sforzata ad internarsi in opposta direzione nello Stretto divisato. E' pur troppo dolorosa la rimembranza de' luttuosi guasti, e delle orrende sciagure avvenute principalmente nell' Olanda in forza di Marèe straordinarie, avvalorate da furiosi venti, e da

e accidentali cagioni. Quella, che accadde
1568, fu così impetuosa e furibonda, ch'es-
iosi innalzata ad un'altezza straordinaria,
oprì alcune Isole della Zelanda, sommerse
na parte della Costa di Olanda, ed allagò
si tutta la Frisia, ingojando 72 villaggi,
a morte di 20 mila persone. Ne furono me-
violente, e rovinose quelle, che avvennero
ri nel 1575, 1682, 1717 e 1741. E a chi
sono ignoti gli orrendi Oragani, che do-
ar sogliono ogni anno nelle Isole di Ame-
, in quelle dell'Oceano Indiano, ed in al-
luoghi della terra, ove l'enorme gagliardía
e onde facendo a gara coll'impeto de'venti,
ona de'pericolosi naufragi, stermina boschi
ampagne, abbatte con inudita ferocia e ca-
ne e saldi edifizj, arrecando dappertutto la
olazione e la morte?
63. Essendo le acque del mare sforzate ad
ilzarsi verso la luna, e la cima dello sfe-
e acquoso potendosi riguardare come tras-
ata dall'Oriente all'Occidente seguendo il
o di quella (§. 255); chiaramente si com-
ide, che l'intiera curvatura delle acque me- Tav. VIII. Fig. 3.
me aver dee l'ampiezza di 180 gradi, pren-
do il suo principio da'punti A, e C, os-
dall'estremità del picciolo asse AC dell'in-
ito sferoide A I C; e quindi che non si
sperimentare l'effetto totale di siffatto in-
zamento, salvochè ne'mari di grandissima
nsione, ed in quelli particolarmente i qua-
a pari circostanze, sporgonsi dall'Oriente
io l'Occidente. Per questa ragione la ma-
è poca, o nulla sensibile ne'mari piccioli;
quelli, che sono in certo modo separati dal-

eano, a simiglianza del mar Baltico, e del-
retto del Sund; e ne' mari isolati, qual sa-
e il mar Caspio, a meno che le acque non
eno innalzate da cagioni straniere e secon-
annoverate già nel (§. 262). Il mar
terraneo riguardar si può come mare iso-
o, per cagione dello stretto di Gibilterra,
cui lunghezza essendo di circa 30 miglia, e
l'ampiezza di sole dieci miglia e $\frac{1}{2}$, fra Tarif-
fa, e il Capo di Malabare, debbono le acque
spinte dall' Oceano ir ntrare una grandissima
difficoltà nell'internar si, atta a por freno al
loro regolare movimento. Quindi è, che parec-
chi han dubitato, che non vi fossero quivi ma-
rèe, e che il picciolo innalzamento delle acque
procedesse unicamente dalla forza de' venti. Egli
è però fuor di dubbio, che nel Mediterraneo
vi sono delle marèe regolari, comechè assai
leggiere, ed a mala pena discernibili dall' ef-
fetto de' venti, non oltrepassando esse in tem-
po di perfetta calma l' altezza d' un piede. Ciò
non ostante però, le acque del Mediterraneo
spinte entro il Golfo dell' Adriatico, e ritenu-
te dalle coste di quello, vi producono delle
marèe bastantemente sensibili, cosicchè in Ve-
nezia giungono d' ordinario al di là di due pie-
di; ed in tempo delle sigizie fino a 3 $\frac{1}{2}$; sic-
come nelle grandi burrasche s' innalzano fino
a 6. In tutto il tratto del Mediterraneo domi-
nano moltissimo le correnti, di cui ve n' han
due principalissime. La prima è superficiale, e
si fa lungo le coste di Barberia, e di Egitto; si
avanza lungo le rive orientali dell' Adriatico,
seguendo quelle di Venezia, della Romagna, ec.;
e scorrendo tre, o quattro miglia per giorno,

procede quindi verso le coste del rimanente dell' Italia, lungo quelle della Francia, e della Spagna, fino allo stretto di Gibilterra. L'altra è sotterranea; essendosi rilevato in forza di esperimenti, che nell' atto stesso, che le acque dell' Oceano s' internano per lo stretto divisato nel mar Mediterraneo; le acque di questo per via di una corrente inferiore, opposta alla prima, vanno a scaricarsi nell' Oceano di bel nuovo, siccome si è osservato avvenire nello stretto del Sund, e nel gran fiume delle Amazzoni, che attraversa l' America Meridionale, ove la marea rendesi sensibile fino alla distanza di 200 leghe dalla sua imboccatura. Coteste sono le vie, per cui le acque introdotte nel Mediterraneo, specialmente quando spirano i venti d' Ouest, e di Sud-Ouest, fannosi poi strada fuori del medesimo.

264. Dalle cose fin qui esposte a me sembra potersi comprendere in una maniera luminosa l' immediato, e stretto rapporto tra le marèe, e le forze attrattive della luna, e del sole, e quindi l' universale prodigioso dominio di cotesto immenso potere giusta le leggi da noi indicate. Chiunque fosse vago di averne una più ampia, e più ragionata contezza, uopo è, che si faccia a consultare il dottissimo Trattato del Signor de la Lande, annesso al IV. Volume della sua *Astronomia*, non che le Opere de' celebri Autori già da noi mentovati (§. 251).

265. Soggiugneremo qui soltanto un' applicazione assai naturale de' principj dichiarati in questo Articolo, facendoci a riflettere, che se il potere attrattivo del sole, e della luna, ha

tanta influenza sulle acque del mare, che superando efficacemente, siccome abbiam veduto, l' enorme lor peso, genera in esse delle vaste e poderose correnti, atte ad agitare in mille guise l'immensa mole dell' Oceano; quanto maggiore riputar dovrassi l' influenza divisata sulla nostra atmosfera, la quale e per cagione della sua maggior vicinanza, e per la sua maggiore mobilità, e per la sua leggerezza di gran lunga superiore a quella dell' acqua, è assai più suscettibile di questa ad essere alterata, e commossa! Che s' egli è così, sarà molto irragionevole l' opinione di coloro, i quali in forza d' un mal inteso principio, recandosi a scorno di adottare nel nostro secolo un' antica, e com' essi dicono, rancida sentenza, prendono a beffe l'influenza della luna su i venti, sulle tempeste, sulle pioggie, e su tutte le meteore in generale, che hanno grandissima dipendenza dallo stato, e da' cangiamenti varj dell' atmosfera. Tenghiamo dunque in bando la chimerica idea degli Astrologi, i quali riguardano l' influsso lunare come una emanazione d' una materia, oppur di una virtù, atta ad operare *immediatamente* sul nostro corpo, e sull' animo nostro; ma non abbiamo la menoma ripugnanza di tenere per fermo, che producendo la luna de' notabili cangiamenti nell' atmosfera mercè la sua forza attrattiva, è capace benanche d' influire sulla formazione, o modificazione delle meteore e di cagionare delle alterazioni nel nostro individuo, su cui ha l' aria un deciso, e notabile dominio. Se la ragione ce lo persuade, lo compruovano viemaggiormente le

osservazioni, tra le quali meritano in primo luogo di esser consultate quelle del Sig. Abate Toaldo, fu Professore insigne di Astronomia nella Università di Padova.

LEZIONE V.

Continuazione delle leggi del moto.

ARTICOLO I.

Della seconda legge del moto, e quindi del movimento composto uniforme, ossia rettilineo.

266. La seconda legge del moto, dipendente dalla inattività della materia, al par della prima, consiste in ciò, che *qualunque movimento, oppur cambiamento di moto, è sempre proporzionale alla forza, che lo produce, e si fa secondo la direzione, in cui opera la forza stessa.* Siffatta legge rendesi evidentissima, qualor si riflette, che non potendo la materia per ragione della sua inerzia mettersi da sè stessa in moto, quando sia in quiete, nè ridursi allo stato di riposo, quando sia in movimento; come neppure cagionare in quello alcuna sorta di alterazione; dee necessariamente seguirne, che qualunque moto, e qualunque cambiamento del medesimo, che si produce in un corpo, deve esser cagionato dall' impressione di una forza, il cui effetto uopo è, che sia a quella proporzionale: e siccome la forza, che produce un tal effetto, ossia movimento, opera secondo

una data direzione; l'effetto quindi prodotto non può non seguire la direzione medesima. Per la qual cosa è chiaro, che ritrovandosi un corpo in moto, e venendo in tale stato percosso da un altro secondo la stessa direzione, in cui egli esegue il suo movimento, dee questo per necessità essere accelerato: siccome d'altra parte verrà a soffrire del ritardo, e talvolta si ridurrà anche alla quiete, qualora la direzione del corpo che urta, è opposta a quella, in cui il primo corpo si movea. Nel primo caso le forze diconsi *cospiranti*, e nel secondo *opposte*.

267. Può avvenire però, che coteste forze non sieno nè direttamente cospiranti, nè direttamente opposte, dimodochè un corpo movendosi giusta una data direzione, venga urtato da un altro obbliquamente; qual sarebbe, per esempio, la palla A, che nell' atto, che si muove per A B, riceyesse un urto secondo la direzione AC. In tal caso forz'è che la direzione A B venga alterata: e poichè una tale alterazione, in virtù dell' accennata legge (§.266), esser dee sempre proporzionale alla cagione, che la produce; ne seguirà, che la palla A sarà deviata dalla direzione A B per una quantità di spazio, proporzionale all' impressione della forza, che opera nella direzione A C. Che però una tal direzione dovrà necessariamente ritrovarsi nel mezzo tra A B, ed A C; e non v' ha cosa più agevole quanto il determinarla. Imperciocchè riguardando la retta AB come la velocità, con cui la palla A moveasi nella direzione AB prima dell'urto; e considerando la retta AC come la velocità originata nella stessa palla della forza impressale nella direzione AC

Tav. I. Fig. 9.

(dimanierachè le lunghezze di queste due rette sieno tra sè come l'intensità delle anzidette due forze); se si compisca il parallelogrammo A B D C a norma di questi due lati, ch' esprimono la direzione, e il rapporto delle due forze; la sua diagonale A D esprimerà la direzione, cui la palla seguirà dopo la percossa. Questo moto per la diagonale; cagionato da due, o più forze, dicesi *moto composto*, a differenza di quello che si cagiona da una forza sola, e che perciò si denomina *moto semplice*.

268. Per comprendere più agevolmente una tal verità, dividiamo un po' coll' immaginazione la velocità A B nelle sue parti componenti A E, E F, F B; ripartendo similmente la velocità A C in A I, I K, K C. Se la palla A si fosse mossa con moto semplice, ossia *unicamente* per virtù della forza, che la spigneva per la direzione A B; nel primo momento di tempo si sarebbe ritrovata in E, nel secondo in F, nel terzo in B; nella guisa medesima, che spinta da una semplice forza secondo la direzione A C, nel primo momento sarebbe passata in I, nel secondo in K, nel terzo in C. Ma siccome nel caso nostro la palla A viene spinta da coteste due forze nel tempo stesso; e non potendo, diciam così, intieramente ubbidire all' una, ed all' altra, ritrovar si dee nel loro mezzo; uopo è, che nel primo momento passi in H, ch' è il punto, in cui le forze A I, A E, ossia E H, I H, vanno a concorrere. Per la stessa ragione passerà ella in G nel secondo momento, e in D nel terzo. Or chi non vede, che tutte queste direzioni AH, H G, G D, compongono la diagonale A D?

Tav. I. Fig. 9.

269. La miglior maniera però di far concepire la legge, di cui si ragiona, a me sembra esser quella di supporre, che nell'atto, che una mosca, per modo d' esempio, cammina d' alto in basso su d' un regolo A C con moto uniforme, il regolo stesso venga trasportato orizzontalmente da A in B; e che la mosca impieghi esattamente tanto tempo per passare da A in C, quanto ne impiega il regolo per iscorrere su tutt'i punti esistenti tra A, e B. Or egli è evidente, che se nel primo intervallo di tempo, in cui la mosca ritrovar deesi in I, il regolo venga trasportato in E, la mosca passar dee in H. Nell' intervallo seguente, in cui la mosca è in K, e il regolo si fa passare in F, la mosca si troverà in G. Finalmente essendo il regolo trasportato in B nell' atto stesso, che la mosca perviene a C, dovrà questa necessariamente trasferirsi in D. Il qual raziocinio potendosi fare ugualmente per tutt' i punti compresi tra A H, H G, e G D, fa chiaramente conoscere la verità della dichiarata proposizione.

Tav. I. Fig. 9.

270. Nè questa è cosa, che si rileva dalla semplice teoría; imperciocchè vien manifestamente confermata col mezzo di esperimenti. Di fatti la supposizione della mosca testè rapportata scorgesi ridotta in pratica mercè della macchina rappresentata dalla Fig. 10. Il peso A, il cui filo passando sulla carrucola mobile G, è legato coll' altro capo alla cavicchia R; nell' atto ch' è tirato da N verso M mercè della corda Q, alla cui estremità è attaccata la detta carrucola G, vien conseguentemente tirata in su da P verso N. Per la qual cosa essendo M N parallela ad O P, si vedrà il mobile A

Tav. II. Fig. 10.

percorrere la diagonale P M, come se fosse spinto nel tempo stesso secondo le direzioni P O, e P N.

271. Lo stesso scorgesi avvenire, qualora si fa uso della specie di Trucco rappresentato dalla Fig. 11. Se la palla A è percossa dal maglietto B secondo la direzione AB, verrà spinta direttamente verso D, nella guisa appunto che urtata dal maglietto C nella direzione C A prenderà il cammino per A E. Ma se queste due potenze facciansi operare unicamente nel tempo stesso, talchè vadano a percuoter la palla con ugual forza in ambidue le accennate direzioni; il mobile A lungi dall' incamminarsi per A D, ovvero per A E, si vedrà correre per A F, ch'è la diagonale del parallelogrammo A D G E, i cui lati vengono rappresentati dall' intensità, e dalle direzioni A D, A E, delle due accennate potenze.

Tav. II. Fig. 11.

272. E quand' anche non si avessero macchine per tal uopo, potremmo restar convinti di ciò in virtù di un meccanismo assai triviale. Prendete un nocciolo di ciriegia, che non sia del tutto inaridito; e messolo tra l'estremità del dito pollice, e dell' indice, premetelo con qualche forza per ispignerlo fuori. Sapete benissimo cosa ne siegue. Premuto egli da uno delle dita verso di un lato, e dall' altro verso la parte opposta, scapperà per una linea, la quale scostandosi dalle direzioni, a cui le pressioni delle dita separatamente considerate si sforzavano a determinarle, si ritroverà nel mezzo di ambedue, e siffatta linea sarebbe retta, qualora il nocciolo non fos-

ecitato di continuo a cader giù dalla for
gravità.

Un battello, che tirato ugualmente da
ni verso le opposte rive di un fiume nel
stesso, si avanza a dirittura pel mez-
fiume medesimo, ci somministra una
›va evidentissima del moto composto, ese-
to giusta la dichiarata legge. Lo stesso dir
si dee di una nave, la quale facendo *rotta*,
supponiamo, dall'Est all'Ouest, nell'atto che
la corrente la spigne dal Sud verso il Nord,
trovasi trasportata realmente verso il Nord-
Ouest per cagion della *deriva*; e propriamen-
te verso di un punto più, o meno distante
dall' uno, che dall'altro degl'indicati punti car-
dinali, a misura che la velocità della nave è
maggiore, o minore di quella della corrente,
come or ora si farà avvertire. Sicchè *la vera
rotta*, ch'ella descrive, è la diagonale del ret-
tangolo, due de' cui lati vengono rappresentati
dalle direzioni, e dall' intensità delle forze an-
zidette.

274. Comechè siesi avanzato di sopra, che
la diagonale, che il mobile descrive in virtù
del moto composto, ritrovar si dee nel mezoz
delle direzioni delle due forze, che lo spingo-
no, tuttavolta però ciò non vuolsi intendere a
rigore, se non quando le due forze imprimo-
no al mobile uguali velocità; imperciocchè in
tal caso la figura, i cui lati esse rappresente-
ranno, sarà equilatera; e sarà o un quadrato,
come ABCD, oppure un rombo, come AGHD;
le cui diagonali A C, A H trovansi, come si
scorge, nel preciso mezzo de' lati A D, A B,

Tav. II. Fig. 12.

e di A D, A G. Ma se coteste velocità fossero disuguali: allora la figura, che risulterebbe dal riguardarle come due lati di un quadrilatero, sarebbe un quadrilungo, la cui diagonale sarebbe tanto più prossima al lato maggiore, di quanto il medesimo supera il minore. Questa cosa, che manifestamente si scorge con dare un' occhiata alla Fig. 9, Tav. I, conferma sempreppiù quel che si è detto di sopra; cioè a dire, che il mobile, la cui direzione vien alterata dall' impressione di un' altra forza, viene a deviare da quella per una quantità di spazio proporzionale alla forza medesima.

Tav. Fig.

275. Potrebbesi ciò comprovare col mezzo del Trucco, di cui si è fatt' uso nel (§. 271). Imperciocchè, siccome abbiamo ivi veduto, che essendo il corpo A percosso egualmente da due maglietti B, e C, descrive la diagonale AG, la quale trovasi ugualmente distante dalle direzioni A E, A D, delle due divisate potenze; così qualora la velocità impressagli da B fosse uguale ad A D; e quella di C si uguagliasse soltanto ad A I; la diagonale, cui verrebbe a percorrere sarebbe A H: la quale ognun vede esser più vicina al lato maggiore A D di questo nuovo parallelogrammo, che al minore A I.

Tav. I Fig. 1

276. La diagonale, di cui si ragiona, non solamente rappresenta la direzione, che il mobile seguir dee mercè del moto composto, ma esprime eziandio la velocità, che in esso risulta dalla combinazione di quelle, che gli vengono impresse dalle due forze: dimodochè la palla A, spinta verso E, e verso D nel tempo stesso colle velocità AE, ed AD, muovesi po-

Tav. Fig. 1

scia con velocità uguale ad A G; e scorre lo spazio AG nell'istesso intervallo di tempo precisamente, che avrebbe impiegato nello scorrere il lato A E, ovvero A D, qualora fosse stata spinta separatamente da una delle due forze accennate. E poichè niuno ignora, che la diagonale di un quadrilatero è sempre minore di due de' suoi lati; ciascun si avvede per conseguenza, che la velocità, che in un mobile risulta nel moto composto, è sempre minore della somma di quelle velocità, che dalle suddette forze separatamente gli si sarebbero impresse.

277. Uopo è avvertire però, che siffatto scemamento di velocità non è uguale in tutt' i casi, ma è maggiore, o minore, a misura che varia l'angolo formato dalle direzioni delle due potenze, detto perciò *Angolo di direzione*. Conciossiachè egli è cosa indubitata, che la mentovata diagonale varia in lunghezza in proporzione di quello. Ciò però vuolsi intendere in questo modo; cioè a dire, che la diagonale, e conseguentemente la velocità, ch'ella esprime, si fa maggiore a misura che si scema l'angolo di direzione; e così al contrario. Per esserne convinto basterà dare un' occhiata alla Fig. 12, da cui manifestamente si rileva, che se l'angolo di direzione, secondo cui il mobile A viene spinto dalle due forze B, D, fosse D A B, la diagonale sarebbe A C; la quale si convertirebbe in A F, ch' è maggiore di B C, se l'angolo di direzione fosse D A E; nella guisa medesima, ch'ella si allungherebbe anche più, convertendosi in A H, nel caso, che l'angolo di direzione fosse D A G. Se

Tav. II. Fig. 12.

quest' angolo D A G si andasse scemando di mano in mano fino a divenire infinitamente picciolo, i suoi lati A D, A G si andrebbero a combaciare; e quindi la diagonale, che verrebbe a combaciarsi anch' essa co' due lati AD, D H, si renderebbe uguale ai medesimi, ai quali si uguagliano A D, A G. Che però in tal caso venendo le due forze a concorrere insieme nella medesima direzione, la velocità originata nel mobile adeguerebbe esattamente quelle, che gli verrebbero impresse da ambedue le potenze. Dunque la massima celerità, o il massimo effetto, che due potenze insiem combinate produr possono su di un mobile, si ha quando esse sono del tutto cospiranti; cioè a dire, che concorrono ad operar tutt' e due nella medesima direzione.

278. Così d'altra parte la Fig. 13 ci fa vedere, che a misura che gli angoli di direzione A B C, A B D, A B E, si vanno aumentando, le rispettive diagonali B F, B G, B H, si rendono più brevi; inguisachè se l' angolo A B E si aprisse di tanto, che le direzioni AB, EB, delle due potenze formassero una sola linea retta; spingendo esse il mobile B in direzioni del tutto opposte nel tempo stesso, resterebbe quello in riposo, se le forze fossero uguali; oppur si moverebbe coll'eccesso soltanto dell' una sopra dell' altra nel caso di disuguaglianza: talchè la velocità acquistata dal mobile sarebbe uguale alla loro differenza. Dal che ne siegue, che la menoma celerità, ossia il menomo effetto, che due potenze combinate cagionar possono in un mobile, si ha quando esse sono direttamente opposte, ossia che

Tav. II. Fig. 13.

concorrono ad operare in direzioni del tutto contrarie.

279. Dalle cose fin qui dette si rilevano generalmente due utilissimi metodi pratici per lo scioglimento di alcuni problemi. Il primo di siffatti metodi consiste nel determinare l' effetto, che due forze combinate debbono produrre su di un mobile, ossia la direzione, e la velocità, con cui esso verrà spinto dopo la percossa, qualora sieno date le loro rispettive velocità, e l'angolo della loro direzione. Date, per esempio, le velocità A B, A C delle due potenze, e 'l loro angolo di direzione C A B; per determinare la diagonale, che siccome abbiam detto (§. 276), esprimer dee la direzione, e la velocità del moto composto di A, non si ha a far altro, che compiere il parallelogrammo A B D C; il quale si ha facilmente, quando si abbiano due lati A B, A C, e l'angolo CAB tra essi compreso. Imperciocchè la diagonale di esso esprimerà quella, che si richiede.

Tav. II. Fig. 14.

280. Il secondo metodo è quello di determinare la direzione, e la velocità impressa da una delle potenze, qualora sia già nota non solamente l'altra, ma eziandio l'effetto prodotto da ambedue sul mobile. Suppongasi esser già nota la diagonale AD corsa dal mobile A con moto composto, e si abbia per conosciuta eziandio la direzione, e la velocità B A della potenza B: se dal punto D si tiri DC parallela, ed uguale ad A B, e quindi si uniscano i punti A, e C, B, e D, col mezzo delle rette A C, B D, è manifesto, che la retta A C esprimerà la direzione, la velocità della potenza richiesta.

Tav. II. Fig. 14.

281. Stabilite siffatte cose, sarà ben fatto di procedere un poco più oltre, affin di dedurre delle altre nozioni dall'esame di quelle, che si son già rapportate.

ARTICOLO II.

Della risoluzione del moto.

282. La diagonale A D, che abbiam veduto esser l'effetto delle potenze B, e C, operanti colle velocità, e nelle direzioni A B, ed A C, può riguardarsi ugalmente come prodotta dalle potenze E, F, le quali abbiano percosso il mobile A colle velocità, e nelle direzioni di AE, AF. Potrebbesi dimostrare nella guisa medesima, che la stessa diagonale A D potrebbe appartenere ad altri parallelogrammi, che si potrebbero descrivere nella citata Figura. Da ciò dunque evidentemente si scorge, che un mobile qualunque, a simiglianza del mobile A nel caso proposto, può essere obbligato a scorrere lo stesso sentiere colla medesima velocità, da diverse potenze, le quali abbiano velocità, e direzione differenti. Nè questo è tutto, imperciocchè rendesi manifesto benanche, che varie paja di forze oprar possono tutt' insieme nel tempo stesso, per obbligare il mobile A a descrivere la diagonale A D. Ed infatti, siccome A D è l'effetto di A B, ed A C; A B potrebbe esser l'effetto di A M, ed A S; e ciascheduna di queste l'effetto di altre. Per la qual cosa potendo il mobile A essere spinto

Tav. II. Fig. 12.

per la diagonale A D, o da una semplice forza, che operi su di esso secondo una tal direzione, o per la forza combinata di A B, ed AC, oppur di AE, ed AF: così parimente potendo la percossa nella direzione di B A venir cagionata da una semplice forza B, oppur dalle due AM, ed AS insiem combinate, non si durerà fatica a persuadersi, che ogni semplice movimento riguardar si può francamente, quando l'uopo il richiede, come cagionato da due, o più forze unite insieme. Il considerarlo in tal guisa si denomina comunemente *Risoluzione di moto.* Quanto ciò riesca vantaggioso in Meccanica, ci verrà in acconcio di osservarlo a suo luogo. Ne faremo qui uso frattanto per dimostrare il seguente Teorema, ch' è il fondamento di tutta la Meccanica del Signor Varignon, e di cui si è molto servito *Borelli* nel valutare le forze de' muscoli, siccome legger si può nel suo aureo Trattato sul *Moto degli Animali.*

283. Se un corpo qualunque venga spinto nel tempo stesso da tre forze omogenee, le cui direzioni sieno tutte nel medesimo piano, talchè non ubbidendo egli a veruna di esse, si mantenga in equilibrio; coteste tre forze saranno scambievolmente come i tre lati di un triangolo, i quali sieno paralleli alle anzidette linee di lor direzione. Suppongasi perciò, che le direzioni delle tre forze B, C, D, da cui viene spinto il corpo A, vengano rappresentate dalle tre rette, A B, A C, A D: prolungate le rette BA, CA, verso F, e verso E, si compisca il parallelogrammo AF DE. E' chiaro da ciò che si è detto antecedentemente (§. 282),

Tav. II. Fig. 15.

che la forza AD è equivalente alle due AE, ed AF, potendosi quella risolvere in queste. Che però sostituendo ad AD le sue equivalenti AE, ed AF; tutt' e quattro le forze B, C, F, E, proseguiranno ad essere in equilibrio come prima. Segno è dunque, che AF è uguale alla sua opposta AB, non altrimenti che AE è uguale ad AC. E poichè AE si uguaglia à DF; sostituendo questa a quella, saranno le due forze AF, FD, uguali alle due opposte B, C. Per conseguenza le mentovate tre forze B, C, D, saranno tra sè come le rette AF, DF, AD; le quali ognun vede, che formano un triangolo, i cui lati sono paralleli alle linee di direzione delle forze diverse.

284. E' agevole il dedurre da ciò, che qualunque numero di forze, le quali operando nel medesimo piano contro di un punto, si mantengono in equilibrio, si può ridurre all' azione di tre, od anche di due, tra sè uguali, ed opposte. Come in fatti le quattro forze B, C, F, E, della citata Figura, ridur si possono alle tre B, D, C; a cui si ridurrebbero benanche se non meno B, che C, fossero risolute nelle loro equivalenti (§. 282). Inoltre siccome componendo le due forze E, ed F, si riducono alla sola D, così componendo B, e C, ridur si potrebbero ad un' altra eguale, ed opposta a D, cioè a dire ad X. La qual cosa praticar si può ugualmente nel caso, che non tutte le forze esistessero nel medesimo piano, potendosi quelle ridurre benanche ad un piano solo.

Tav. II. Fig. 15.

ARTICOLO III.

Del moto composto variabile, ossia curvilineo in generale.

285. Tutte le dottrine sin qui rapportate intorno al Moto composto, sono state fondate sulla supposizione del rapporto costante delle forze combinate; cioè a dire su 'l supposto, che le medesime non cangiassero nè la direzione, nè l' intensità, almeno relativamente l' una all' altra, durante il tempo della loro azione su 'l mobile. Ciò però non succede in Natura così frequentemente: egli è più comune, ed ordinario il ritrovar delle potenze, i cui rapporti d' intensità, e di direzione, si vanno alterando di mano in mano. In tal caso ognun vede, che quantunque il mobile messo in azione da coteste forze, descriva la diagonale di un picciolissimo parallelogrammo in ciascun tempo infinitamente picciolo, tuttavolta però tutte siffatte diagonali insieme unite vengono a costituire una curva, nella guisa appunto che abbiam detto accadere in virtù delle forze centrali, e siccome farem vedere di bel nuovo, qualor passeremo a ragionare su 'l moto de' projetti. Per rimaner convinto di ciò, basterà istituire gli esperimenti, che qui sieguono.

Tav. II. Fig. 16.

286. Si lasci liberamente cadere la palla A dall' alto della curvatura scannellata AB. Poichè ella scendendo acquista una velocità da potere scappar fuori nella direzione B 3, ch' è tangente al punto B della curva suddetta (§. 136); se fosse priva intieramente di gravità, non la

cerebbe di scorrere effettivamente la detta linea: ma siccome il suo peso la tira costantemente verso giù nella direzione B 5; qualora questo sforzo di gravità avesse sempre il medesimo rapporto con quello della projezione B 3; cioè a dire, qualora fosse uguale a quello in tempi uguali; la palla A ricevendo due impulsi nel tempo stesso, uno per B 3, e l'altro per 5, andrebbe a scorrer la diagonale D E, a tenor della legge del Moto composto già dichiarata. Ma poichè l'effetto della gravità si accresce in ogn' istante, e quello della projezione rimane lo stesso; ne avverrà, che se nel primo istante la forza di projezione essendo uguale a B 1, e quella di gravità uguale a B F, la palla giugnerà a C; nel secondo istante si troverà in D, e nel terzo in E. Imperciocchè l'acceleramento della gravità, F G nel secondo istante è maggiore di BF, qual era nel primo, non altrimenti che l'acceleramento GH del terzo istante è maggiore sì di B F, che di F G. Per la qual cosa si vedrà la palla descrivere la curva BCDE, formata dalle diagonali B C, CD, D E, insieme prese; ossia, per parlare con maggior precisione, dalle diagonali infinitamente picciole, che si possono supporre frapposte tra B e C, tra C e D, tra D ed E.

287. Ecco un altro bellissimo sperimento in comprova di una tal verità. A B è un picciolo carretto, denominato *carretto di Steiz* dal nome del suo inventore. Porta egli nel suo mezzo il bussolino C, con entro una picciola palla di avorio. Questo bussolino è costrutto in modo, che facendo scattare la molla M, ch' è di sotto del carro, si fa saltar su la palla

Tav. II. Fig. 17.

di avorio nella direzione verticale CD. Caricato che sia l'ordigno annesso alle ruote B; (il quale non consiste in altro, che in un fuso conico e scannellato, intorno a cui avvolgendo una corda di minugia, tendesi una molla spirale); ed inceppate che sieno le ruote A, B ec., mercè del conveniente ritegno adattato alla stessa macchinetta, pongasi il carro su di un piano perfettamente levigato, e messo a livello. Se in tale stato di cose si ponga quello in libertà con isbrigare le divisate ruote, incomincierà a correr da sè sul piano anzidetto; e qualora sarà nel mezzo del suo cammino, scattando con impeto la molla M, che prima era montata, farà sbalzar la pallina d' avorio fuori del bacinetto C; la quale descrivendo nell' aria la curva C *d r i s*, andrà a raggiugnere il carretto in *a b*, e cadrà nel bacinetto C, da cui è stata lanciata. Esaminiam questo fatto, e sarem convinti della teoría, cui vogliamo stabilire. Se nell' atto, che la pallina è sbalzata fuori di C, il carretto fosse in quiete, ella monterebbe su verticalmente verso D: ma poichè nel tempo stesso, ch' è spinta dalla molla verso D, il carretto sta avanzando da C verso E; un tal moto progressivo si comunica anche alla palla. Che però spinta ella verso C D, e verso C E nel punto medesimo, dovrebbe descrivere la diagonale CF, giusta la legge del Moto composto di sopra dichiarata: ma poichè cominciando ella a scorrere siffatta diagonale, nell' atto che si trova, per esempio, in *d*, vien tratta giù dal suo peso nella direzione *d e*; passerà ella per virtù di queste due forze (supponendo quella di projezione uguale a *d f*) a descriver la

diagonale $d\ r$. Perseverando ella nel secondo istante a muoversi verso h (§. 136); ma l'impulso della gravità tirandola da r verso g; l'obbligherà a dirigere il suo corso per $r\ i$; e quindi per la stessa ragione nel terzo istante scorrerà $i\ s$; talchè tutte coteste direzioni prese insieme costituiranno la curva $C\ d\ r\ i\ s$, siccome col fatto si è osservato.

288. La ragion poi, per cui la pallina dee ricadere nel bacino da cui è uscita, si è, che il moto orizzontale del carro essendo uniforme, nè alterandosi nella palla, quantunque si cangi la sua direzione; si mantiene costante in tutto il tratto di tempo, che la pallina va descrivendo nell' aria la detta curva. D' altra parte abbiamo altrove osservato (§. 276), che un mobile, il quale venga spinto con moto composto per la diagonale di un parallelogrammo, impiega nel descriverla lo stesso spazio di tempo esattamente, che impiegherebbe in iscorrere con moto semplice uno de' lati di quello. Per la qual cosa essendo il moto orizzontale lo stessissimo sì nel carro, che nella palla; nell' istante che questa giugnerà in d per virtù delle due forze combinate, il bacinetto C si troverà in m: la palla passando in r, il bacinetto dovrà trovarsi in n; quindi in o, quando la palla sarà giunta ad i, e finalmente in s, allorchè la palla vi cadrà al di dentro. Vuolsi qui avvertire però, che il mentovato piano non essendo perfettamente levigato, o non messo bene a livello, il carretto potrebbe accelerare, o ritardare il suo cammino, oppur deviare in qualche modo da quello, e quindi potrebbe mancare l' esperimento, siccome talvolta succede.

289. L' esperimento, di cui si è finora ragionato, fu eseguito in grande dalla famosa Accademia del Cimento. Adattato un picciol pezzo d'artiglieria in una posizione esattamente verticale al di sopra di un gran carro, e caricatolo più volte colla medesima quantità di polvere; la palla spinta fuori di quello nell' atto dell' esplosione, ricadde sempre verso la bocca del cannone, qualora il carro faceasi restare in riposo. Attaccati poscia al medesimo carro sei cavalli; e messo fuoco al pezzo d'artiglieria, nell' atto ch' era quello tratto velocemente innanzi, la palla suddetta seguì per aria il moto del carro, descrivendo l'accennata curva; talmentechè dopo di aver quello corso lo spazio di 64 braccia, la palla andò a cadere in distanza di sole 4 braccia dalla bocca del cannone: il qual risultato si ebbe similmente a un di presso coll' aver fatto uso di palle di piombo lanciate per forza di balestre. La differenza di 4 braccia attribuir si dee alla varietà del moto del carro, alla resistenza dell'aria, o ad altre circostanze di tal natura, siccome si è avvertito dianzi (§. 288); giacchè tutte le dottrine fin qui dichiarate intorno al Moto, suppongono, che i corpi operino liberamente, senza che incontrino giammai la menoma resistenza. Questi fatti aprono la strada alla spiegazione di un gran numero d' altri fenomeni, che si possono tutti ridurre allo stesso principio.

ARTICOLO XV.

Della terza Legge del Moto.

290. La terza, ed ultima Legge del Moto, che dall' *Inerzia* dipende, si è, che *l' azione è sempre uguale, e contraria alla reazione*, che val quanto dire, che qualora un corpo fa uno sforzo su di un altro, affin di rimuoverlo dal suo stato di quiete, oppur di movimento, quest' ultimo si sforza ugualmente di resistergli per la parte contraria; dimodochè lo sforzo del primo viene intieramente distrutto dallo sforzo contrario del secondo; e questo non si mette in moto, se non se in virtù dell' eccesso della forza, che rimane al primo corpo, che agisce, dopo di aver superata la resistenza dell' altro. Siccome i giovani principianti sogliono durar fatica a comprender pienamente una tal verità; immaginandosi, che essendo l' azione sempre *uguale* e *contraria* alla reazione, non dovrebbe seguirne giammai veruno effetto, attesochè le forze uguali e contrarie distruggonsi a vicenda; m' ingegnerò di porla brevemente in chiaro nel miglior modo possibile.

291. Per far ciò basterà il badar seriamente, che per nome di *azione* non vuolsi intender tutta la forza, che un corpo possiede quando opera, ma bensì quella porzione di forza, ch' esso impiega per superar la resistenza dell' altro. Questa, e non quella, dicesi uguale alla reazione nella Legge testè mentovata. Un cavallo, per esempio, che avendo 30 gradi di

forza è impegnato a tirare una vettura, che resiste come 20, non impiega tutta la sua forza per superare una tal resistenza; v'impiega bensì l' azione di 20 gradi, che si uguaglia alla resistenza medesima, da cui conseguentemente la detta azion viene affatto distrutta: e se malgrado questa perdita, egli tira la carrozza, ciò siegue in virtù de' 10 gradi di forza che gli sopravanzano per arrivare a 30 siccome abbiam supposto. Dal che manifestamente si scorge, che la forza è soltanto proporzionata alla resistenza, ma non uguale a quella, siccome di fatti è l' azione.

292. La Legge, di cui si ragiona, si è rilevata da un infinito numero di osservazioni, e di esperimenti; e si avvera non solamente nelle scambievoli attrazioni de' corpi, ma eziandio negli urti, che gli uni ricevono dagli altri. Per ciò che riguarda le attrazioni scambievoli, è cosa agevolissima il restar convinto, che l'azione è sempre uguale, e contraria alla reazione. Come in fatti, se tenendo sospesi a due fili un pezzo di calamita, ed un pezzo di ferro di ugual peso, e a tal distanza l' un dall' altro, che l' attività della calamita si possa estendere fino a quello; tostochè ambidue si lasceranno in libertà, si accosteranno a vicenda in direzioni contrarie correndo ciaschedun spazj uguali, la qual cosa indica, che l'azione, ossia la quantità di moto nell'uno è uguale alla reazione, ossia alla quantità di moto nell'altro; essendo le quantità di moto come i prodotti delle loro masse, e velocità (§. 112), che abbiam detto essere uguali. Che se il peso della calamita fosse a quello del ferro come 3 ad

sa, esprimerà il moto rispettivo di ciascun corpo dopo l'urto: laddove il loro movimento essendo opposto, ossia in direzioni contrarie, il detto moto rispettivo dopo l'urto sarà espresso dalla differenza de' suddetti due moti primitivi, ripartita nel modo accennato.

296. Supponghiamo nel primo caso della proposizione, che due corpi molli A e B, le cui masse sieno come 2 ad 1, movendosi nella medesima direzione A B, l'un con 9, e l'altro con 12 gradi di moto, vadano ad urtarsi scambievolmente. La somma di 9 e 12, che sono le quantità de' loro movimenti prima dell' urto, è 21: la massa di A essendo a quella di B come 2 ad 1, indica, che in A vi sono due parti di materia, ed una in B. Sicchè dunque assegnando ad A due parti di 21, cioè 14 e la parte rimanente a B cioè 7; rileveremo, che dopo l' urto il corpo A si muoverà con quattordici gradi di moto, e B con sette.

Tav. III. Fig. 18.

297. Che se poi questi due corpi si andassero a percuotere in direzioni contrarie; in tal caso della differenza de' loro moti primitivi, ch'è 3 (differenza tra 9 e 12) assegnandone due parti ad A, ed una a B, come si è praticato di sopra (§. 296); si troverà, che dopo l'urto il corpo si muoverà con due gradi di moto, e B con uno. Eccone la ragione.

Tav. III. Fig. 18.

298. Dato che il corpo A inseguisca l'altro B, e nell' urto gli comunichi cinque gradi di moto: il corpo B reagendo da B verso A, comunicherà eziandio al corpo A cinque gradi di moto, per dover essere la reazione uguale, e contraria all' azione. Ma il moto del corpo A è diretto da A verso B: dunque perderà egli

gradi di moto; e perciò quel moto, acquistato il corpo B, lo ha perduto il ..., e quindi nonostante la percossa, resta ...sti corpi la medesima quantità di movi-... Or essendo eglino molli, cioè a dir che ...pressi una volta non riacquistano di bel... la loro figura; muoverannosi unitamente ...'urto colla medesima velocità, come se ...ssero un corpo solo. Ma le velocità es-...o uguali, le quant... di moto sono come ...masse (§. 116): du...que avendo il corpo A ...assa come 2, e B ...ome 1, competeranno ... due porzioni di cotesto moto totale, ed ..., una sola, appunto come si è già stabilito la riferita Proposizione.

299. Siccome movendosi gli accennati due corpi nella medesima direzione, si è veduto, che la somma delle loro quantità di moto dopo l'urto si ripartisce tra essi in proporzione della loro quantità di materia; così nel caso che le loro direzioni sono opposte, si ripartisce la *differenza del loro moto* primitivo nella medesima proporzione. Imperciocchè movendosi A verso B con 9 gradi di moto, e B verso A con 12; ne avverrà, che B dovendo impiegar l'azione di 9 gradi per contrabbilanciare la reazione di A, dovrà perdere 9 gradi del suo movimento, per essere i moti contrarj, e per conseguenza distruttivi l'un dell'altro: sicchè dopo l'urto non gliene resteranno, che soli tre gradi. Per la ragione stessa il corpo A resterà privo di tutta la quantità di moto, che prima possedeva, dovendola tutta impiegare nel reagire contro B, che lo percuote con 9 gradi di forza. Ma ciò non ostante, questi due corpi muo-

Tav. III. Fig. 18.

vonsi unitamente nella stessa direzione dopo l'urto. Uopo è dunque affermare, che si muovano col residuo del moto del corpo B, cioè a dire con soli tre gradi di forza ch' era la differenza dei moti prima della percossa. Ma nel atto, che si muovono nella medesima direzione, muovonsi eziandio colla stessa velocità: dunque convien dire, per la ragione esposta di sopra (§. 298), che siffatta differenza siesi ripartita tra loro in proporzione della quantità della materia: ciocchè farà sì, che il corpo A si muoverà con due gradi di moto, e B con uno.

300. Da questi fatti chiaramente si scorge, che qualora due corpi vengonsi ad urtare nella medesima direzione, la loro quantità di moto non si accresce, nè si diminuisce, essendo la medesima e prima e dopo la percossa: laddove per lo contrario urtandosi in direzioni opposte, una buona parte del moto si perde, talchè non rimane, se non se l'eccesso del moto dell'uno al di sopra del moto dell'altro. Per la qual cosa fuor di ragione avvisossi Cartesio serbarsi sempre nell'Universo la medesima quantità di moto, senzachè se ne distrugga giammai la menoma parte.

301. Ciò premesso, egli è cosa agevolissima l'acquistare una piena intelligenza de' casi particolari, che occorrer sogliono in proposito di urto scambievole di corpi. Or questi casi ridur si possono ragionevolmente al numero di quattro. Imperciocchè in primo luogo può accadere, che in tempo, che siegue la percossa, uno dei corpi sia in riposo: 2°. possono muoversi ambidue secondo la medesima direzione, 3°. può darsi, che si muovano entrambi in dire-

somma di tali corpi eccede la massa del corpo, ch' era in moto innanzi l' urto.

303. Per la qual cosa il corpo A di due libbre di peso, andando con 12 gradi di velocità a percuotere il corpo B anche di due libbre, che stia in riposo, si muoveranno ambidue nella medesima direzione B C, e colla medesima velocità dopo l' urto: e questa comune velocità sarà in ciascheduno di essi uguale a 6, ch' è la metà di 12, cioè a dire della primitiva del corpo A, ch' era in moto innanzi la percossa.

Tav. III. Fig. 19.

304. Che la direzione, e la velocità debbano esser le medesime dopo l' urto, è una conseguenza della prima legge del Moto (§. 134), e di ciò che si è detto nel §. 298. Che la comune velocità debba esser 6, si deduce dalla Proposizione generale (§. 295). Imperciocchè dovendosi la somma delle quantità di moto esistenti prima dell' urto, ripartire dopo di quello in proporzione delle quantità di materia in A, e B; essendo i detti corpi uguali, la mentovata quantità di moto si ripartirà metà nell' uno, e metà nell' altro. Ma poichè la quantità di moto in un corpo abbiam veduto (§. 112) essere il prodotto della propria massa moltiplicata per la sua velocità, se il momento di A si è ridotto alla metà dopo l' urto, bisogna dire, che anche la sua celerità sia scemata della metà: sicchè se prima dell' urto ella era di 12 gradi, dopo di quello si è ridotta a 6. Ma la velocità di B è la stessa di quella di A: dunque è cosa indubitata, che la velocità comune è di sei gradi in ciascheduno.

305. Ma se A invece di essere uguale a B, ch' è di due libbre, fosse maggiore, o minore,

(supponghiam di quattro libbre), allora la comune velocità dopo l'urto sarebbe di 8 gradi. Imperciocchè la somma di A e di B, sarebbe 6 libbre; ed 8 ch'è la velocità comune dopo l'urto, è d'un terzo minore di 12 ch'è la velocità di A innanzi l'urto, appunto come 6, ch'è la somma delle masse, eccede d'un terzo 4, ch'è la massa di A (§. 302).

LEGGE DEL CASO II.

306. *Qualora due corpi, essendo entrambi in moto nella stessa direzione, vanno ad urtarsi; seguito l'urto, continueranno ambidue a muoversi nella direzione medesima, e con una comune velocità come nel caso precedente.*

307. Per ritrovare in questo caso la comune velocità dopo l'urto, sì quando i corpi sono uguali, che disuguali, non si ha a far altro, che dividere la somma de' loro moti primitivi per la somma delle loro masse; poichè il quoziente esprimerà la loro velocità comune. Per la qual cosa il corpo A di 6 libbre andando con 12 gradi di moto ad urtare il corpo B (supponiamo di ugual massa), che si muova nella stessa direzione B C con 6 gradi di moto; la velocità comune dopo la percossa sarà di un grado e mezzo, per essere questo il quoziente di 18 (somma de' moti 12, e 6) diviso per 12 (somma delle masse 6, e 6). Di fatti movendosi A, e B unitamente dopo l'urto colla medesima velocità, riguardar si possono come se fossero un corpo solo: e poichè la velocità di un corpo rilevasi, come abbiamo altrove insegnato (§. 117), col dividerne la quan-

Tav. III. Fig. 19.

tità di moto per la massa; chiaro si scorge, che dividendo per la massa comune, ossia per la somma di A e B, la loro quantità di moto, che abbiam detto (§. 300) esser la medesima, sì prima, che dopo dell' urto; il quoziente dovrà esprimere la comune velocità.

LEGGE DEL III. e IV CASO.

308. *Se due corpi, che si urtano in direzione contraria, hanno uguali quantità di moto, le perderanno intieramente, e resteranno in riposo dopo l' urto. Se poi le quantità di moto sono disuguali, si muoveranno ambidue dopo l' urto con una comune velocità, e nella direzione di quel corpo, la cui quantità di moto era maggiore.*

309. Che ciò seguir debba così, è agevolissimo il provarlo. Movendosi i corpi per contrarie direzioni, debbono muoversi dopo l' urto colla differenza de' moti, che essi aveano prima della percossa, giusta la Proposizione generale (§. 295): ma supponendosi, che A e B si vadano ad incontrare con uguali quantità di moto, cotesta differenza non esiste: è chiaro dunque, che resteranno essi in riposo dopo l'urto. Nel caso poi, che le quantità di moto di A e B sieno disuguali; allora tutta la loro quantità di moto dopo l'urto riducendosi alla differenza de' moti, ch' essi aveano prima dell'urto, è manifesto, che dovranno eglino muoversi unitamente secondo la direzione di quel corpo, che la possiede. Sicchè per ritrovare in tal caso la comune velocità, non si ha a far altro, se non se dividere l' accennata differenza, che

Tav. III. Fig. 10.

ARTICOLO III.

Della Quantità di moto, che i Corpi molli si comunicano nell' urto.

311. La comune velocità de' corpi dopo la percossa, rilevata mercè delle Regole finora proposte, ci somministra un modo agevolissimo per poter determinare la quantità di moto, che uno de' corpi comunica all' altro in occorrenza di urto. Affine di non dipartirci dall' ordine seguito nel rintracciare le velocità, incomincieremo dal primo caso già proposto di sopra.

LEGGE DEL CASO I.

312. *Se un corpo in moto va ad urtare un altro, che sia in riposo: la massa di quest' ultimo moltiplicata per la comune velocità dopo l' urto, darà nel prodotto la quantità di moto comunicatagli dal primo.*

313. Per la qual cosa essendo nel caso del §. 303. il corpo B del peso di due libbre in riposo; e la velocità comune dopo l' urto essendosi rilevato esser di sei gradi; la quantità di moto comunicatagli da A, sarà di 12 gradi, ch' è il prodotto di 6 moltiplicato per 2. Del che eccone la ragione. Poichè il corpo B era in quiete prima dell'urto, è cosa evidente, che la quantità di moto, che possiede, gli è stata tutta partecipata dal corpo A. Dunque moltiplicando la massa di B per la comune velocità, il prodotto non può esprimere, se non se la quantità di moto comunicatagli da A.

Tav. III. Fig. 19.

per la comune velocità dopo l'urto e da tal prodotto si sottragga il moto, ch' egli avea prima dell' urto; il residuo esprimerà il moto comunicatogli dall' altro.

316. Per la qual cosa nel caso del (§. 307), essendo la massa del corpo B, che precede del peso di sei libbre, e la comune velocità dopo l' urto essendo di un grado e mezzo; il prodotto di questi due numeri sarà 9. E poichè da 9 sottraendo 6, ch' è il moto di B prima dell' urto, si ha 3 per residuo; ci si rende manifesto, che il moto comunicatogli da A, è di soli tre gradi. Ecco il perchè. Il prodotto che nasce dalla moltiplicazione della massa del corpo B per la comune velocità, esprime tutta la quantità di moto, ch' egli possiede dopo la percossa. Se dunque da siffatta quantità si tolga quella ch' egli avea prima dell' urto, il residuo dovrà necessariamente esprimere il moto acquistato dopo di quello.

Tav. II, Fig. 19.

LEGGE DEL CASO III.

317. *Se due corpi vansi ad urtare scambievolmente in direzioni contrarie con uguali quantità di moto; il movimento, che si comunicano a vicenda, uguaglia quello che ciascun di essi avea prima dell' urto.*

318. Questo caso non ha bisogno di spiegazione. Imperciocchè cotesti due corpi restando in riposo dopo la percossa (§. 308), indicano, che le quantità di moto comunicatesi a vicenda sono uguali tra loro, e sono la somma de' moti, che ciascheduno possedea prima dell' urto; altrimenti non avrebbero eglino potuto distruggersi intieramente.

di A. Il moto distrutto in B è uguale a quello ch' egli possedeva prima dell' urto; e 'l moto, con cui lo stesso B si muove dopo la percossa, si rileva con moltiplicare la sua massa per la comune velocità (§. 112). Dunque la somma di un tal moto, e del moto primitivo di B, esprimerà tutta la quantità di moto, che gli è stata comunicata.

321. Or porta qui il pregio di badare, che tutte le Leggi finora esposte relativamente all' urto de' corpi molli, si possono applicare ugualmente ai corpi duri, o vogliam dire a quelli, che non si possono schiacciare in verun modo; e che qualora la percossa fosse molto poderosa, si frantumano in pezzi, piuttosto che comprimersi. Un esempio di tal genere ci vien somministrato dal cristallo, dal vetro, e da altri corpi simiglianti; quantunque sembri, che non vi sieno corpi in Natura, i quali dir si possano perfettamente duri, siccome si è già detto de' molli (§. 310).

ARTICOLO IV.

Dell' Urto de' Corpi elastici.

322. Niuno ignora, che per *corpi elastici* si vuol intender quelli, la cui massa, quantunque venga a cedere, e si schiacci per via dell' urto, tuttavolta però risalta fuori immediatamente, e si restituisce di bel nuovo nel suo stato primiero. Facciasi cader dall' alto una palla di avorio, oppur di acciaio temperato, su d' un piano di marmo, od anche di acciajo, ben levigato e fermo, unto leggermente d' olio. To-

stochè la palla ne sarà stata rimbalzata, troverassi su 'l piano una impressione di alcune linee in diametro, che darà chiaro argomento d' essersi la palla schiacciata nell' atto della percossa, non potendo altrimenti la sfera toccare il piano, che in un punto solo. Non si richiede molta riflessione per comprendere, che un tal risalto, o restituzione nello stato primiero, che dir si voglia, si fa in direzione contraria a quella, secondo cui si è fatta la compressione; e che la forza, onde le parti compresse risaltan fuori nella situazione di prima, dev'esser necessariamente uguale alla forza, che cagiona la compressione; poichè altrimenti non potrebbero quelle ritornare esattamente nella situazione, in cui erano prima dell'urto. Per la qual cosa nell'urto de' corpi elastici succede un doppio sviluppo di forza; cioè a dire, uno nell' atto della compressione, ad un altro uguale, e contrario, nell' atto del risalto. Dal che si deduce ad evidenza, che in caso di percossa di corpi elastici, quello, che comunica il moto, se ne priva di una quantità doppia di quella, che perderebbe, se ambidue fossero molli; poichè col risalto ne comunica una quantità uguale a quella, che ha comunicato nell' atto della compressione. Per la ragione medesima il corpo, a cui il detto moto si comunica, ne riceve una quantità doppia di quella, che riceverebbe, se ambidue fossero molli. Che però le leggi, che la Natura osserva nell' urto de' corpi elastici, quantunque sieno nel fondo le medesime, che abbiam osservato nell' urto de' corpi molli, pure veggonsi differire da quelle per cagion della parte, che vi prende l' elasticità.

Per determinare adunque le qualità di moto possedute da' corpi elastici dopo l'urto, sì quando si muovono nella stessa direzione, che in parti contrarie, convien prima riguardare cotesti corpi come se fossero molli, e ritrovare le dette quantità di moto mercè delle Regole proposte: indi la quantità di moto comunicata dal corpo, che dà l'urto, sottratta dal moto, ch'egli ha dopo l'urto; il residuo esprimerà il moto, che gli rimane poscia che l'urto è seguito, considerandolo come corpo elastico; siccome aggiunta alla quantità di moto spettante al corpo urtato come molle, si avrà nella somma il moto dell'altro corpo dopo la percossa, riguardato similmente come fornito di elasticità. Imperciocchè in tal maniera si fa sì, che il corpo, che comunica il moto, ne resti privo di una quantità doppia di quella che perderebbe nel caso che fosse molle; e l'altro, che lo riceve, ne acquisti il doppio di quello che acquisterebbe nel medesimo caso, corrispondentemente a ciò che si è di sopra osservato. Applicheremo questa verità ai seguenti casi particolari.

LEGGE DEL CASO I.

323. *Qualora un corpo elastico, ch'è in moto va ad urtare un altro in riposo, di ugual grandezza; il primo comunica al secondo tutto il suo moto, e si pone in quiete.*

324. Di fatti, se il corpo B, ch'è in quiete, ed A, che lo percuote, fossero corpi molli; A comunicherebbe a B la metà del suo moto, per essere uguali in grandezza (§. 314). Ma

Tav. III Fig. 19.

essendo ambidue corpi elastici, uopo è sottrarne una ugual quantità da A, ed aggiugnerla a B (§. 322). Dunque A resterà senza moto, e B si muoverà con tutto il moto posseduto da A prima dell' urto. Questa tale privazion di moto nella palla, che urta, non si vede succeder talvolta facendone la pruova sul tavoliere di un Bigliardo. Ciò però non distrugge la verità qui stabilita; imperciocchè quel piccolo residuo di moto non ha nulla che fare col moto diretto della palla, che si distrugge intieramente, ma è proveniente da un certo moto di rotazione intorno al proprio asse, che suolsi imprimere alla palla nell'istante, che si percuote.

Tav. III. Fig. 21.

325. Se invece di esservi una palla in riposo, ve ne fossero molte contigue l'una all'altra, e la prima di queste fosse percossa dalla palla A; resterebbero elleno tutte in riposo al par di A, all' infuori dell'ultima, che staccandosi dalle altre, si muoverebbe coll'intiera velocità di A, siccome si è detto. La ragione è troppo manifesta; conciossiachè, se invece della serie di palle B, C, D, E, vi fosse la sola B in riposo, questa andrebbe avanti colla velocità di A, che si porrebbe in quiete: ma poichè a B siegue C; quest'ultima riceve tutto il moto di B, la quale dee perciò mettersi anch' essa in riposo. Per la ragione stessa C comunica il suo moto a D, e questa ad E; la quale non avendo avanti a sè un'altra palla, a cui comunicar possa il suo movimento, forz'è, che si stacchi da D, e quindi proceda verso F con tutta la velocità comunicatale da A col mezzo delle intermedie B, C, D.

326. Potrebbe darsi benanche il caso, che

vi fossero due palle, che urtano, invece di una. Allora resterebbero tutte in riposo dopo l'urto, eccetto le due ultime, che si muoverebbero unitamente coll'intiero moto delle due prime. Imperciocchè in tal caso le due palle in moto A, e B, movendosi colla medesima velocità, non danno alcun impulso l'una all'altra. Sicchè andando ad urtare C colla sua quantità di moto, fa sì, che questa rimanga in riposo colle altre contigue, e che si stacchi la sola palla F, per procedere verso *f* coll'intiera velocità di B, come nel caso precedente (§. 325). Ma B resterà anch'ella in riposo dopo l'urto: dunque nell'istante medesimo verrà percossa da A, la quale per la ragione stessa si porrà in quiete, e farà staccare la palla E, per procedere verso *f* coll'intiera sua quantità di moto, che le avrà comunicato. In somma, quanto sarà il numero delle palle, che urtano da una parte, altrettanto sarà quello delle palle, che si porranno in moto dall'altra parte; imperciocchè si ripete tante volte il caso del §. 325, per quanto è il numero delle palle, che cagionano la percossa.

Tav. III. Fig. 22.

327. Se il corpo in quiete fosse minore di quello, ch'è il moto; quest'ultimo non si porrebbe in riposo dopo l'urto, ma proseguirebbe a muoversi unitamente coll'altro con una minore quantità di movimento. Imperciocchè essendo B in riposo, minore di A, questo nell'urtarlo gli dovrebbe comunicare meno della metà del suo movimento, qualora fossero corpi molli (§. 314): ma essendo elastici, uopo è, che gliene comunichi altrettanto di più. Per la qual cosa il moto, di cui A si priva, essen-

do minore di due metà, gliene rimane sempre qualche poco, onde proseguire a muoversi dopo la percossa. Sarà poi agevolissimo il determinare un tal residuo mercè delle Regole proposte, quando sia nota la proporzione delle masse di A, e di B.

328. L'effetto sarebbe diverso, se B ch' è in quiete, fosse maggiore di A. Imperciocchè B allora si muoverebbe nella direzione di A; mà quest'ultimo lungi dall'arrestare il suo movimento, oppur dal procedere innanzi con B, verrebbe rimbalzato all' indietro in direzione contraria. La ragione si è, ch'essendo B maggiore di A, convien che questo comunichi a quello una quantità di moto maggiore della sua metà (riguardandoli come corpi molli (§. 314): indi dovendosene toglier da A altrettanto di più, a motivo della loro elasticità, si scorge ad evidenza, che non solamente dovrà egli comunicare a B tutto il suo moto, ma rimarrà dopo in uno stato negativo, talchè in virtù della ripercossa di A verrà rimbalzato indietro con una quantità di moto uguale al mentovato difetto; e B procederà innanzi non solamente con tutto il moto comunicatogli da A, ma eziandio con un *di più*, che si uguaglia al difetto medesimo.

329. Diciamolo altrimenti, per render la ragione di cotesto *di più* maggiormente intelligibile. Nell'atto che A del peso d'una libbra urta B di due libbre, con 12 gradi di moto; avendo B due parti di materia, ed A una; questo comunicherà a quello due terzi del suo movimento (§. 298); cioè a dire 8 gradi, nell'istante della compressione. Le parti di B

compresse in virtù di due terzi del moto di A, rimbalzeranno fuora di bel nuovo con altrettanta forza (§. 322): ma avendo comunicato 8 gradi del suo moto nella compressione, non ne ha di residuo che 4: sicchè non può comunicare se non se questi a B nell'atto del rimbalzo. Cosa ne seguirà da ciò? Ne seguirà, ch'essendo l'azione uguale alla reazione, ed A urtando B con soli 4 gradi di moto, con altri 4 gradi verrà ripercosso da B. Ma in questo abbiam veduto essersene sviluppati 8 in virtù del risalto. Dunque dopo la reazione gli resteranno altri 4 gradi di moto sviluppati dalla elasticità, indipendentemente da' 12 comunicatigli da A: ond'è, che dopo l'urto si muoverà con 16 gradi di moto, ch'eccede 12 di 4; qual è stato appunto il difetto di A, che nel rimbalzo ha comunicato solo 4 gradi di moto invece di 8.

330. Dalle quali cose è facile il dedurre, che qualora un corpo elastico venisse a comunicare il suo moto ad un altro di se maggiore, mercè l'interposizione di altri corpi, la cui massa fosse maggiore di mano in mano, risulterebbe in ciascuno di essi gradatamente un accrescimento di moto; talmentechè sarebbe nell'ultimo considerabilmente maggiore che nel primo, da cui si è comunicato. Coll'Analisi sublime poi si dimostra, che per ottenere nell'ultimo de' corpi elastici, che compongono la detta serie, la massima velocità possibile, uopo è, che la massa de' corpi intermedj vada crescendo in *progressione geometrica*; cioè a dire, nella ragione di 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, ec. Quindi è, che supponendo una serie di cento palle elastiche, ciascuna delle quali sia il doppio della sua pre-

cedente; la quantità di moto, che si produrrebbe nell'ultima, sarebbe 4677000000000 volte maggiore di quella della prima, che lo ha comunicato; siccome è stato dimostrato da Hugenio, e da Bernoulli.

LEGGE DEL CASO II.

331. Passiamo ora all'altra Legge, colla quale si stabilisce, che *se un corpo elastico in moto vada ad urtare un altro, che si muove più lentamente nella medesima direzione seguito l'urto, proseguiranno a muoversi ambidue, permutando però a vicenda le loro quantità di moto, e le velocità.*

Tav. III. Fig. 23.

332. Laonde movendosi il corpo A verso D con 6 gradi di moto; se mai venisse raggiunto e percosso da B, il cui moto fosse di 12 gradi, dopo l'urto proseguirebbero tutti e due a muoversi verso D, ma con questo divario; cioè a dire, che A si muoverebbe con 12 gradi di moto, e B con 6. L'applicazione della Proposizione generale (§. 295) ce ne farà chiaramente intender la ragione. Se i detti corpi fossero uguali, supponghiamo di 4 libbre l'uno, e fossero molli, la somma de'loro moti, ch'è 18, si ripartirebbe ugualmente in ambidue dopo l'urto; sicchè sarebbe in ciascheduno di nove gradi: e poichè A ne possedeva già sei, uopo è dire, che B gliene abbia comunicato tre. Ora per esser eglino elastici, convien detrarne altri tre gradi da B, ed aggiugnerli ad A: sicchè a B ne resteranno soli 6, ed A ne avrà 12. Le stesse ragioni avrebbero luogo, se cotesti due corpi fossero disuguali.

LEGGE DEL CASO III.

333. *Qualora due corpi elastici di ugual massa si urteranno scambievolmente in direzioni contrarie con uguali quantità di moto; ambidue rimbalzeranno all'indietro colle stesse quantità di moto, e colle medesime velocità, con cui si saranno incontrati.*

334. Imperciocchè, se fossero corpi molli, i loro moti si estinguerebbero nella compressione, e si porrebbero ambidue in riposo (§. 308). Ma essendo elastici, oltre al moto distrutto nell'atto della compressione, se ne sviluppa in ciascheduno una uguale quantità mercè del rimbalzo in direzione contraria (§. 322). Dunque saranno ambidue obbligati a ritornar indietro dopo l' urto cogli stessi moti, e colle stesse velocità, con cui si sono incontrati.

LEGGE DEL CASO IV.

335. Finalmente la Legge dell'ultimo caso si è, *che qualora due corpi elastici di ugual massa urtansi scambievolmente in direzioni contrarie, con disuguali quantità di moto, rimbalzano entrambi dopo l' urto, co' moti, e colle velocità permutate.*

336. Per la qual cosa le palle di avorio A e B, ciascheduna del peso di due libbre, urtandosi vicendevolmente in modo tale, che A urti B con 12 gradi di movimento, e B urti A con 9; seguita la percossa saranno ambedue rispinte all' indietro; ma B con 12 gradi di moto, ed A con 9. Imperciocchè nel caso che fossero molli, abbiam veduto (§. 299), che i

Tav. III. Fig. 18.

9 gradi di moto di B, ed altrettanti del moto di A si distruggerebbero nell' urto; e quindi si muoverebbero ambedue col residuo di A, ossia con tre gradi di moto divisi ugualmente tra loro. Che però il moto comunicato a B sarebbe di 10 gradi e mezzo; somma di 9 già distrutti, e di 1 $\frac{1}{2}$, con cui ella attualmente viene spinta dopo la percossa. Ma poichè questi corpi sono elastici, esser dovrebbe comunicata ad A una quantità di moto doppia della qui mentovata; ond' è, che converrebbe sottrarre altri 10 gradi e mezzo dal rimanente moto di A, ed aggiungnerli a B. Il moto rimasto in A non è che di un grado e mezzo: dunque aggiunto questo a' 10 e mezzo di B, ne verrà ella ad aver 12, con cui si muoverà nella direzione, che avea A prima dell' urto. Ad A intanto mancheranno 9 gradi di moto, siccome abbiam veduto, per uguagliare i 10 e mezzo, che avrebbe dovuto partecipare nel rimbalzo. Che però ritrovandosi ella in uno stato negativo, dovrà essere rispinta indietro con 9 gradi di moto, che si uguagliano appuntino al suo difetto.

Tav. III. Fig. 18.

337. Che se poi sì le masse, che i moti di coteste due palle saranno disuguali, *la maggiore si porrà in riposo dopo l' urto, e la minore sarà rimbalzata indietro colla differenza de' loro movimenti.* La palla A del peso di due libbre, urtando con 12 gradi di moto la palla B del peso di una libbra, che le viene incontro con 3 gradi di moto; se le medesime fossero molli, se ne distruggerebbero 3 gradi di A per contrabbilanciare i 3 contrarj di B; e 'l residuo, ossia la differenza 9, divisa in proporzione

delle loro parti di materia, che sono 2, ed 1, farebbe muovere A con 6 gradi di moto, e B con 3, dopo l'urto. Sicchè il moto comunicato B sarebbe di 6 gradi. Or attesa la loro elasticità, dovendosene sottrarre altri 6 da A, e comunicarsi a B; questa si muoverà con 12 gradi di moto nella direzione di A, ed A ne resterà del tutto priva e conseguentemente si porrà in riposo.

338. Prima di lasciar questo soggetto vuolsi attentamente badare, che non essendoci in Natura, per quanto si sappia, corpi *perfettamente molli, o perfettamente elastici;* le anzidette leggi, che li riguardano, si approssimano al vero, a proporzione che i corpi, con cui si pongono al cimento, si approssimano allo stato della perfetta mollezza, oppur della perfetta elasticità.

339. Gli esperimenti relativi ai corpi elastici sono i medesimi che pe' corpi molli (§. 310), colla colla differenza, che si praticano con palle di avorio, invece di quelle di creta.

ARTICOLO V.

Dell' Urto obbliquo sì de' Corpi molli, che degli elastici.

340. Vuolsi avvertire, che i corpi, o molli, o elastici che sieno, possono urtarsi obbliquamente, invece di darsi un urto diretto, siccome abbiam supposto finora. *Urto obbliquo* dicesi quello, allorchè la linea di direzione, secondo cui i corpi si urtano, non passa pei centri

di gravità de'corpi medesimi, a simiglianza del-l' urto diretto. In tal caso non si percuotono essi che con una porzione della loro forza, la quale determinar si può molto agevolmente mercè la Risoluzione del moto, di cui si è già ragionato nel §. 282. Sia di fatti la palla A, che vada ad urtare un' altra B nella direzione obbliqua A E, la quale siccome ognun vede, non passa pel centro di B. Risolvendo A E, ch' esprime nel tempo stesso la forza, e la direzione di A, nelle forze e direzioni A C, e C E, si scorgerà ad evidenza, che la forza AC, per esser parallela alla linea orizzontale D F, non potrà in verun modo operare su di B. Sicchè ci resterà solo la forza C E, la cui direzione passando pel centro di B l'andrà ad urtare, ed a rimuovere dal suo luogo; laddove nel caso, che l' urto fosse stato diretto, la sua forza sarebbe stata uguale ad A E. Dunque la forza dell'urto diretto è a quella dell'obbliquo, come A E a C E. Ma C E è uguale ad A D, ch' è il seno dell' angolo d' inclinazione A E D, ed A E è uguale al raggio. Dunque, generalmente parlando, sarà vero, che l'urto diretto è all'obbliquo, come il raggio è all' seno dell' angolo d' inclinazione ossia di quell'angolo, che la direzione della forza totale forma coll' orizzonte. E poichè un tal seno A D si rende minore a proporzione che si diminuisce l'angolo A E D; sarà vero benanche generalmente, che la forza dell' urto obbliquo si scema a misura che l'angolo d' inclinazione si rende minore.

Tav. III. Fig. 24.

341. Per ritrovare poi le direzioni, e le velocità di A, e B, seguito che sia l' urto, convien far uso del seguente metodo. Nella linea

orizzontale DE prolungata prendasi EF uguale ad A C, ch'è la velocità orizzontale rimasta intatta anche dopo l'urto. Indi, se A e B, sono corpi elastici ed uguali, tutto il moto di A, espresso da C E, sarà distrutto dopo l' urto; sicchè in tal caso il corpo A, ossia E, proseguirà a muoversi nella direzione, e colla velocità di EF; e B sarà spinto verso G con tutto il moto posseduto da A. Ma se per lo contrario questi due corpi fossero molli, ed uguali; A non comunicherebbe a B, se non se la metà del suo moto: cosicchè in tal caso B sarebbe spinto dopo l'urto nella direzione BG colla metà del moto C E; ed A, oltre al detto moto orizzontale E F, avrebbe ancora l' altra metà di CE. Per la qual cosa adattando all'estremità di EF la retta FH uguale alla metà di CE, si rileverebbe, che A proseguirebbe a muoversi nella direzione, e colla velocità di EH. Per virtù dello stesso metodo possono determinarsi benanche tutti gli altri casi particolari.

342. Prima di terminar quest'Articolo gioverà rapportare un'altra costruzione generale, la quale sarà parimente applicabile a varj casi particolari. Suppongasi, che le due palle A, e B vadansi ad urtare l'una coll'altra obbliquamente nelle direzioni Aa, e Bb. Affin di rintracciare qual debba esser la lor direzione e velocità dopo l'urto, bisogna considerare prima di tutto; che la direzione Aa può risolversi in AI, Ia, non altrimenti che la direzione B b risolver si può in BK, Kb. Per la qual cosa ai due punti a, b, si adattino le rette a G, b H, parallele ed uguali ad A I, K B, e prolungate le rette I a, K b, verso E, ed F, talchè sieno loro

Tav. III. Fig. 45.

uguali aE, bF; si compiscano i parallelogrammi $CGaE$, $FbHD$. Le due forze Ia, Kb, non hanno alcuna influenza nell'urto, per esser tra se parallele. Che però le sole forze, che opereranno nella percossa, saranno le due rimanenti AI, e KB. Giunte dunque siffatte palle A B, a contatto in a, e b, si urteranno scambievolmente colle forze Ga, Hb, uguali ad AI, KB: e poichè posseggono esse nel tempo medesimo le forze impresse nelle direzioni aE bF, uguali ad Ia, Kb, le quali, come si è detto, non operano nella percossa; dovrà necessariamente seguirne, che le dette palle rimbalzeranno dopo l'urto verso parti contrarie, e scorreranno le rispettive diagonali aC, bD, da cui verranno parimente espresse le rispettive loro velocità.

ARTICOLO VI.

Applicazione delle dichiarate dottrine ad alcuni Fenomeni particolari.

343. Comechè le dottrine riguardanti la terza legge del Moto, ed in conseguenza le dichiarate verità circa l'urto scambievole de' corpi, sembrino sterilissime a primo lancio, nulladimeno però riflettendosi alquanto seriamente, si troverà esser elleno applicabili a parecchi usi, e somministrarci de' lumi per l'intelligenza di varj fenomeni. I Meccanici principalmente sanno benissimo, che tutte le Macchine, le quali pongonsi in azione per forza del vento, oppur di un volume d'acqua corren-

te, ec., operano intieramente per lo stesso principio. Inoltre chi mai comprender potrebbe senza siffatti lumi, perchè un battello faccia un veloce cammino col solo urtar l'acqua co' suoi remi? Il Fisico illuminato all'opposto riflettendo, ch'essendo la riazione sempre uguale, e contraria all'azione, dee necessariamente seguirne, che con quanta forza i remi vanno ad urtar l'acqua per farla retrocedere, ossia per ispignerla verso la poppa, con altrettanta forza vengano essi rispinti da quella verso la prua; concepisce di leggeri, che per la sola virtù di siffatta riazione dell' acqua vengono i remi stessi rispinti innanzi unitamente al battello di cui essi fan parte: e quindi che il moto di questo riesce più veloce a proporzione che la pala de' remi è più larga; a misura che l' acqua vien da quella urtata con maggior forza, ed i remi son più numerosi.

344. Lo stesso vuolsi intendere del nuotare sì degli uomini, che de' pesci, e del volar degli uccelli: conciossiachè da' primi battesi l'acqua co' piedi, e colle mani, e da' secondi colle branche, e colla coda, dagli ultimi finalmente si batte l' aria con frequenza, e con forza; e quella riagendo colla forza medesima al par dell'acqua verso la parte contraria, fa sì, che gli uccelli sollevinsi in alto ad onta della propria loro gravità, prendendo poscia quel cammino, che loro aggrada, non altrimenti che gli uomini, ed i pesci veggonsi solcare l' infido elemento secondo quella direzione, che lor piace.

345. Osservate il rinculo di un Cannone nell' atto che scarica un tiro. Vi riuscirà impossibile di renderne la ragione, senza che possedia-

te le divisate cognizioni. Or nell' istante, che si accende la polve dentro al Cannone, il fluido elastico, che riguardar si può giustamente a guisa di una molla, attesa la somma sua elasticità, spandesi con una forza così immensa, che a tenore degli esperimenti già praticati la piccola quantità di esso imprigionata in un sol granello di polve, giugne ad occupare un volume per ben migliaja di volte maggiore di se stesso. Quest' impeto sì enorme del fluido anzidetto cerca di svilupparsi all' intorno contro tutte le pareti interne del Cannone, che lo circondano, e lo ritengono per così dire inceppato: ma poichè la naturale aderenza di coteste parti del Cannone è sì poderosa, che non può esser vinta dalla violenza della polve, l'azione della medesima si esercita efficacemente su due resistenze cedevoli, cioè a dir sulla *palla*, che può esser cacciata fuori, e sulla *culatta* del Cannone, che può retrocedere. Egli è poi molto naturale il concepire, che l'effetto dell'azion mentovata (supposte uguali tutte le circostanze) dovrà esser quello di comunicare uguali quantità di moto in direzioni affatto contrarie a coteste due resistenze le cui masse essendo disuguali, dovrà necessariamente seguirne, che le velocità in direzioni opposte, originate in quelle, saranno in reciproca ragione delle loro masse; talmentechè la palla sarà spinta *fuori* del Cannone con una velocità tale, che sarà alla velocità, onde il Cannone verrà forzato a rinculare, come la massa del Cannone è alla massa della palla. Dal che ne avviene, che la palla descrive più centinaja di piedi nell' intervallo di un secondo, e il Cannone non si

arretra che di pochi piedi; e poichè dovendosi imprimere la velocità in ragion reciproca delle masse, il pezzo d'Artiglieria aver dee velocità maggiore a misura che v' ha in esso minor quantità di materia; non si durerà fatica a concepir la ragione, onde avviene, che i Cannoni di lieve peso, ed anche le canne leggiere di fucile, rinculano più sensibilmente di quel che facciano altre, che sono più pesanti.

346. Quindi, se si prescindesse dagli effetti di qualunque resistenza, essendo già nota la velocità della palla, non che la sua massa, e quella del pezzo d'artiglieria, potrebbesi agevolmente determinare il rinculo di quest' ultimo; e così a vicenda. Conciossiachè, se facciasi la proporzione, e si dica; come la massa del Cannone sta alla massa della palla, così la velocità di questa sarà alla velocità di quello; il quarto proporzionale esprimerà la velocità richiesta. Così supponendo, che il peso della palla sia di 24 libbre; quello del Cannone di 6400; la velocità della palla di 600 piedi nel primo secondo; istituendo la Regola del tre, e dicendo, come 6400 è a 24, così 600 è al quarto proporzionale; si troverà, che la velocità del rinculo del Cannone sarà di due piedi e mezzo.

347. Parecchi Scrittori han creduto, che il Cannone si arretra nell' atto del tiro per forza dell' aria, la quale entrando con sommo impeto dentro di quello, dopo seguita l' esplosione obbliga conseguentemente a dare indietro. Il fatto si è, che il Cannone si arretra nell' atto medesimo, in cui siegue l' esplosione, ed in conseguenza in tempo, che l' aria interna rarefatta, e il vapore elastico sviluppato dalla pol-

ve, sforzansi col loro elatere ad impedire, che s' interni entro al Cannone qualunque volume d' aria esteriore.

348. L' ordinario fenomeno de' *Razzi volanti* non differisce da quello del Cannone. La polve, ch' entro al Razzo si contiene, tostochè sviluppa la sua forza, opera nel tempo stesso e contro il fondo superiore del tubo del Razzo, che soleva in alto, e contro la massa d'aria esterna adiacente al fondo inferiore dello stesso tubo, per cui si estrinseca l' effetto della polvere infiammata. Cotesta massa d' aria, ch' è al di sotto, riguardar si dee come la palla, e il fondo superiore del Razzo come la culatta del Cannone. E poichè la polve contenuta ne' Razzi non si accende tutta in un colpo, come siegue a un di presso in un pezzo di Artiglieria, può ella considerarsi come ripartita in tanti strati, durante l' accensione dei quali si rinnuova successivamente in picciolo quel che abbiam detto seguir nel Cannone nell' atto dell' espolsione; ond' è, che il Razzo vien forzato a sollevarsi in alto, durante il mentovato tempo, superando mercè l' impeto violento generato dalla polve, la picciola resistenza dell'aria, cui gli conviene attraversare.

349. Coll' applicazione dello stesso principio si può render ragione agevolmente d' altri fenomeni di tal natura, ugualmente curiosi, che interessanti.

ARTICOLO VII.

Del Movimento riflesso.

350. Può avvenire talvolta, che un corpo elastico in moto vada a percuotere contro di un ostacolo invincibile, similmente elastico, oppur duro; qual sarebbe il caso di una palla d'avorio, che fosse lanciata con forza su di un piano di marmo, su di una lamina di acciajo, ovvero d'altra simile materia del tutto immobile. In tal caso verrebbe egli rimbalzato all'indietro, e la sua direzione, sì nel cadere, che nel risalire, formerebbe due angoli col piano, su cui cadrebbe. Così la palla A spinta contro il piano K L M N nella direzione AB, vien rimbalzata per BC, e forma scendendo l'angolo A B H col divisato piano, siccome nel risalire forma l'angolo C B I. Il primo si denomina *Angolo d'incidenza*, ed il secondo *Angolo di riflessione*.

Tav. III. Fig. 25.

351. Ciò premesso, vuolsi tener per indubitato, *che un corpo elastico, essendo lanciato su di un piano perfettamente elastico, ne vien rimbalzato, e forma nel risalire l'angolo di riflessione uguale a quello d'incidenza.* Or due sono i casi, che avvenir possono relativamente a questo punto; potendo il corpo elastico essere spinto contro del supposto piano, o in una direzione esattamente perpendicolare al piano medesimo, o in direzione obbliqua, sia qualunque l'angolo di siffatta obbliquità. Per comprovare adunque la riferita Proposizione, ragion vuole, che si esaminino separatamente cotesti due casi.

zione, in cui è spinta la palla, uopo è, che sia perpendicolare alla tangente, che si concepirà tirata a quel punto, che viene urtato dalla palla, qual'è, per esempio, E K nella qui annessa Figura. Tav. III. Fig. 37.

354. Che se poi la direzione della palla fosse obbliqua rispettivamente al piano, come avverrebbe spingendo la palla A contro il detto piano K L M N nella direzione A B; in tal caso l' angolo di riflessione sarebbe parimente uguale a quello d'incidenza e la velocità, onde risalirebbe, uguaglierebbe quella della discesa: ma per rimanerne convinto, bisogna far uso de' lumi acquistati in virtù delle antecedenti Lezioni. La forza AB, onde la palla A è lanciata contro K L M N, può riguardarsi come composta delle due altre A H, A E (§. 282); l'ultima delle quali, cioè a dire A E, essendo parallela al piano K L M N, non opera contro di quello nell' atto della percossa. Per la qual cosa giunta la palla in B, e percuotendo il piano colla sola forza A H, ossia E B, in direzion verticale; per la ragione antecedentemente esposta (§. 352), si sforza di risalire per la stessa retta B E. Ma poichè nell' atto medesimo, ch' ella vien forzata a risalire per B E, vien obbligata benanche a seguire la direzione B I parallela al piano, la quale, siccome si è detto, rimane intatta nella percossa; per le leggi già dichiarate (§. 267) correrà per un sentiere, che si troverà nel mezzo di cosiffatte direzioni. Determiniamolo dunque col metodo altrove insegnato (§. 279). Prendasi B E uguale, e parallela ad A H, ch' è la direzione, e la velocità verticale; e B I ugua- Tav. III. Fig. 36.

ch' esaminiamo, quali sieno le leggi, a cui soggiace il cambiamento di direzione, che i corpi soffrono nel muoversi a traverso de' detti fluidi. Due possono essere i casi su questo proposito, a simiglianza di ciò che si è detto della riflessione. Imperciocchè può un mobile cadere dentro di un fluido in direzione perpendicolare, oppure obbliquamente. Nel primo caso l'esperienza ci fa vedere, che la sua direzione non si altera affatto, ma che il suo moto soltanto soffre del ritardo, giusta le leggi esposte nell' Articolo sopraccitato. Ce ne somministra una luminosa pruova il seguente esperimento. Pongasi un picciolo strato orizzontale di terra mole nel fondo del vaso A, e messo siffatto vaso orizzontalmente su del sostegno B C H I, facciasi cadere su del detto strato una palla di qualunque materia, supponiam di metallo, per entro al tubo D, collocato in situazion verticale nel mezzo de' due sostegni E, ed F. Giunta che sarà la palla nel fondo del vaso, formerà una cavità dell' argilla in forza dell' urto. Ciò fatto, empiasi il detto vaso di acqua: indi facendosi cader di bel nuovo la palla, come si è praticato dinanzi, si vedrà, che procedendo ella addirittura sino al fondo dell' acqua, si andrà a riporre nuovamente nella cavità divisata. Dal che si scorge ad evidenza non aver ella sofferto il menomo cangiamento nella sua direzione.

Tav. IV. Fig. 29.

361. Nel caso poi, che la direzione, in cui il mobile è spinto dentro il fluido, sia obbliqua; qual sarebbe quella della palla A, lanciata nel fluido D E nella direzione A B; cotesta direzione si altera infallibilmente, ed invece

di cui uno è orizzontale, e l' altro verticale: per la qual cosa, giunta ella in B, nell' atto che il movimento verticale incomincia ad esser rallentato in virtù della resistenza del fluido, l' orizzontale non soffre verun ritardo, per esser parallelo alla superficie del fluido stesso in cui non ancora il mobile è immerso. Che però ecco subito cambiati i rapporti di questi due moti, ed in conseguenza cangiato il parallelogrammo, ch' essi rappresentavano, e la sua diagonale. Sicchè, se fuori del fluido il rapporto delle mentovate due forze veniva indicato da *a* B, e B *c*; la diagonale, e conseguentemente la direzione del mobile, sarebbe stata B *d*: ma tostochè un tal rapporto si altera, e B *c* per la ragione allegata divien minore di B *a*, talchè sia, per esempio, B *o*; la diagonale si cambia similmente in B *f*; la quale facendo un angolo con B A, fa sì, che il movimento debbasi riputare rifratto, e che la nuova direzione di esso si discosti dalla perpendicolare. E poichè l' angolo di rifrazione *f* B C è maggiore di quello d' incidenza A B E, sarà generalmente vero, che passando un mobile da un mezzo raro in un più denso, l' angolo di rifrazione supera quello d' incidenza.

363. Tutto il contrario addiviene passando il mobile da un mezzo denso in uno più raro, come sarebbe dall' acqua nell' aria. Imperciocchè in tal caso, quantunque il moto pur si rifranga, tuttavolta siffatta rifrazione si fa con tal legge, che la *nuova direzione*, *paragonata a quella*, *cui il mobile avrebbe dovuto seguire giusta il moto primitivo*, *è più prossima alla perpendicolare già divisata*.

364. Ognun concepisce dover ciò avvenire per una ragione affatto contraria a quella, che si è allegata per ispiegare il caso antecedente. E che sia così; il mobile A, il quale avendo attraversata una massa d'acqua BCRF, giugne finalmente ad incontrare l'aria; arrivato che sia nel punto D, il moto orizzontale DF rimane illeso, per essere il corpo ancora immerso nell'acqua; laddove il moto verticale, che nell'acqua era come DG, incominciando ad incontrare minor resistenza, tostochè il mobile incomincia ad uscir nell'aria, si accresce un tal poco, e fassi, per esempio, uguale a DI. Quindi è, che se dentro l'acqua, ove il rapporto delle forze veniva rappresentato da FD, DG, la diagonale, ossia il sentiere del mobile era AE; fuori di quella sarà DH, per cagione d'essersi cambiata DG in DI: ed ognun vede, che DH è più prossima alla perpendicolare KI di quel che lo era DE. E poichè l'angolo di rifrazione GDH è minore dell'angolo GDE, a cui si uguaglia l'angolo d'incidenza ADR; sarà generalmente vero, che passando un mobile da un mezzo denso in uno, ch'è meno resistente, l'angolo di rifrazione è minore di quello d'incidenza.

Tav. IV. Fig. 31.

365. L'esperienza vien francamente in conferma di questa teoria, la quale a dir vero, altro non è, se non se un principio dedotto dall'esperienza medesima. Prendasi una gran vasca di legno rappresentata da ABCD, ed empiutala d'acqua, si diriga la canna di fucile KI, caricata, ed inclinata siccome conviene, ad un punto dentro di quella, che supporremo esser H. Disposte le cose in tal modo,

Tav. IV. Fig. 32.

se darassi fuoco alla polve, la palla attraverserà l' acqua della vasca ; ma invece di andar a ferire il punto H, a cui era diretta, andrà a fare un foro in E, correndo il sentiere G E; il quale è manifesto esser più lontano di G H dalla perpendicolare prolungata dal punto G sino al fondo del vaso.

366. Le fin qui dichiarate leggi del moto rifratto, che vegghiamo dalla luce molto esattamente osservate, sebbene in parte contrarie, costituiscono il fondamento della Diottrica, di cui si ragionerà nel progresso di quest' Opera, ove siffatte cose saranno messe in un lume maggiore, e applicate nel tempo stesso a varj casi particolari, talmentechè se ne conoscerà manifestamente tutta l' importanza.

Fine del Tomo primo.

Fine dell' Indice del Tomo Primo.

TAVOLA I.
Fig. 2.
Fig. 4.
D
F
E
G
H
3
4
F
C
I
H
K
F
G
b
D
E
a
B
C
A
C
B
D
A
H

TAVOLA III.

TAVOLA III.
Fig. 19.
B
1
A
2
22
B
2
C
Fig. 23.
B
2
B
4
12
A
4
6
D
Fig. 22.

TAVOLA IV.

Fig. 29.

D

E

F

A

V

TAVOLA V.
Stelle fisse
Marte
Sole
Mercurio
Venere
Luna
Terra
a
b
B
D
C
D
R
A
F
Fig. 7.

LA VI.
a
b
Fig. 3.
Fig. 6.

LA VII.
Fig. 3.
d
Fig. 2.